الحقيقة الرمادية

الحَقيقةُ الرّمَادِيّة

د. السيد نصر السيد



الهيئة المصرية العامة للكتاب

١٩٩٧

تقـــــــــديم

لا يجد الانسان غضاضة ، من آن لآخر ، فى تغيير ملابسه ليساير أحدث خطوط « الموضة » . وهو أيضا لا يكف عن تبديل ما يستخدمه من أدوات ليساير التقدم التكنولوجى . ولكنه ، وبالرغم من حبه للتغيير ، يقاوم أى تغيير فيما يتعلق بأفكاره وتصوراته عن الواقع الذى يعيش فيه . ولا يصدق هذا الأمر قدر صدقه فى حالة « **المنطق التقليدى** » الذى وضع أسسه الفيلسوف اليونانى أرسطو فى القرن الثالث الميلادى فاستمرت قواعده وقوانينه تفعل فعلها فى تشكيل حضارة الانسان وفكره أكثر من عشرين قرنا من عمر الزمان . وعلى الرغم مما شهدته الانسانية من ثورات فكرية غيرت أغلب تصوراته عن الواقع ، فان أسس هذا المنطق العتيد ظلت صامدة أمام رياح التغيير .

من هنا كانت قيمة العمل الذى أنجزه لطفى زاده فى أوائل ستينات القرن العشرين . فلقد تمكن هذا العالم الأمريكى ، ذو الأصل الايرانى ، من وضع حجر الأساس لمنطق جديد . منطق جديد يتجاوز ثنائية الخطأ والصواب الصارمة التى قام على أساسها المنطق التقليدى ، ليقترب أكثر من واقع الانسان . هذا الواقع الذى ينتفى فيه المطلق ، ولا يخلو أمر من أموره من امتزاج الخطأ والصواب بدرجة أو أخرى . وهكذا ولدت « الحقيقة الرمادية » الثرية بتعدد الدرجات لتحل بذلك محل « الحقيقة ذات اللونين » ... حقيقة الأبيض والأسود .

ويعرض هذا الكتاب ، لأول مرة باللغة العربية ، لملامح هذه الرؤية الجديدة التى لم يقتصر أثرها على فكر الانسان ، بل امتد ليتجسد فى العديد من المنتجات التى يستخدمها الانسان فى حياته اليومية . يعرضها للقارىء المهتم بالرؤى الجديدة التى تمخض عنها القرن العشرون لتكون أساسا للحضارة المقبلة .. حضارة الألف الثالثة ، سواء أكان هذا القارىء ذا خلفية ثقافية عامة أم ذا خلفية علمية متخصصة .

د. السيد نصر الدين السيد
فالباخ — سويسرا
فبراير ١٩٩٦

الفصل الأول

هذا ما جناه علينا أرسطو ... !


To: www.al-mostafa.com

لم تحظ أية لغة من لغات الانسان الطبيعية ، بشتى فصائلها بتقدير ، أيا كان نوعه ، من علماء الرياضيات ... ! فهم ينظرون الى كلمات تلك اللغات وتعبيراتها وتراكيبها بشك وريبة ، لافتقادها الدقة فى التعبير عما ينشئون من تصورات وأفكار ، ويأخذون عليها جميعها غلظتها وما تحمله وما تؤدى اليه من لبس وغموض وابهام . ولم يكتف هؤلاء بنظرتهم المتعالية والمزدرية للغات الانسان الطبيعية ، بل عبروا عنها بطريقة عملية فابتدعوا لغتهم الرمزية الخاصة التى ضمنوها ما اعتقدوا أنه يكفل لها دقة التعبير وانضباط الصياغة ، واستخدموها فى تمثيل أفكارهم وتصوراتهم . وهكذا أصبحت لأمة الرياضيات لغتها الرسمية التى يستخدمها أهلها فى التحاور فيما بينهم ولا يقبلون بغيرها بديلا . والحق أن تطور الرياضيات قد ارتبط ارتباطا وثيقا بتطور لغتها التى لم يكف أهلها ، بمختلف فصائلهم ، عن صقلها وضبط صيغها وتراكيبها جيلا بعد جيل .

وقد شهد النصف الثانى من القرن التاسع عشر ميلاد صيغة جديدة من صيغ هذه اللغة على يد عالم الرياضيات الألمانى جورج كانتور (١٨٤٥ — ١٩١٨ م) . وكانت هذه الصيغة هى « **الفئة** » Set التى استمدت قوتها من بساطتها المتناهية ، ومن كفاءتها الفائقة على التمثيل المحكم لأكثر المفاهيم الرياضية تعقيدا وتجردا ، ومن قدرتها على التعبير البليغ عن مدركات الانسان مادية كانت أم معنوية . و « **الفئة** » ، كما يعرفها علماء الرياضيات ، هى تعبير رمزى عن أى تجميع اختيارى لأشياء ، مجردة أو ملموسة ، تشترك جميعها فى سمة(١) واحدة أو أكثر . فعلى سبيل المثال تعبر فئة « **الروايات المحفوظية** » ، **رم** ، عن كافة الروايات التى ألفها نجيب محفوظ ، أى أن :

رم = [كفاح طيبة ، عبث الأقدار ، رادوبيس ، ...]

أما فئة « **شركات انتاج السيارات** » ، **ش ا س** ، فهى الفئة التى تضم كافة الشركات المنتجة للآلات التى تتوفر فيها سمات من قبيل :

---

(١) السمات هى الصفات التى يتمتع بها الشىء موضع الاهتمام مضافا اليها طبيعة العلاقات التى تربطه بالأشياء الأخرى .

احتواؤها على محرك احتراق داخلى ، تتحرك على عجل مطـــاطى ، يقودها انسان .... ، أى ان :

شاس = [فيات ، فيرارى ، مرسيدس ، أودى ، فورد ، جنرال موتورز ، تويوتا ، نيسان ، فولفو ، ....] .

وبالطبع يمكن تقليص حجم الفئة ، اى انقاص عدد أعضائهـــا ، بزيادة عدد السمات التى ينبغى أن تتوفر لديهم كأن تضيف للســـمات السابقة جنسية الشركة المنتجة أو موقعها الجغرافى . ويعرف أسلوب تمثيل الفئات القائم على سرد كافة افرادها بين القوسين [ ] بـ « **الطريقة الصريحة** » .

وبقليل من التأمل نكتشف عدم جدوى هذه الطريقة لتمثيل الفئات ، ففئة « **الكلمات العربية** » ، على سبيل المثال ، تضم كافة كلمات اللغة العربية قديمها وحديثها ، مهجورها وشائعها ، ويتطلب تمثيلها طبقـــا للطريقة الصريحة عدة مجلدات . واذا كان هذا هو الوضع فى حـــالة « **الفئات المتناهية** » Finite set التى يمكن حصر أفرادها وعدهم كفئة « الكلمات العربية » ، فانه يصبح غير محتمل وغير ممكن فى حالة « **الفئات اللامتناهية** » Infinite set ، التى لا يمكن عد افرادها . فعـــلى سبيـــل المثـــال : كيـــف يمـــكن تمثيـــــل فئـــة الأشيـــاء خضراء اللون بواسطة الطريقة الصريحة ؟ . أو كيف يمكن استخدام الطريقة الصريحة فى تمثيل فئة لامتناهية كفئة « **الأعداد الزوجية** » ، E ، التى تضم كل الأعداد الصحيحة التى تقبل القسمة على اثنين ، أى أن :

$$E = \{ 2, 4, 6, 8, 10, 12, \ldots \}$$

ولم « يغلب حمار » علماء الرياضيات ازاء هذا الوضع فاتفقوا على طريقة أخرى تركز فقط على ذكر السمات التى ينبغى أن يتمتع بها أفراد الفئة وذلك بدلا من ذكرهم فردا فردا كما هو الحال باستخدام الطريقة الصريحة ، وأطلقوا على هذه الطريقة اسم « **الطريقة الضمنية** » لتمثيل الفئات . فالفئة X التى يتمتع كل فرد من أفرادهـــا ، X . بالسمة (أو بمجموعة السمات) P يتم تمثيلها على الصـــورة التالية :

$$X = \{ x/x \text{ has the property } P \}$$

حيث تقرأ العلامة (/) « **حيث ان** » **أو** « **بشرط** » . وهكذا يمكن

تمثيل الفئة اللامتناهية « **الاعداد الزوجية** » ، E ، على الصـــورة التالية :

$$E = \{ e / e \text{ is an even integer} \}$$

أما الفئة المتناهية « **الروايات المحفوظية** » ، رم ، فتأخذ الصورة التالية :

رم = [**ر/ر** هى رواية من **تأليف نجيب محفوظ**] .

وقد أخذت هذه الصيغة الجديدة بلب أهل الرياضيات فشغفوا باستخدامها شغفا محموماً رأينا آثاره تتبدى فى أدبياتهم ســـواء أكانت كتبا أم **مقالات متعمقة** ، **تطرح على المتخصصين** أحد موضوعاتهـــا ، أم كانت **كتبا مدرسية تعلم مبادئها الأولية** لأطفال المدارس أو تعرض عناصرها المتقدمة لطلاب الجامعات . وهكذا رأيناهم وهم يمضون قدما فى الاستعانة بها لاعـــادة صياغـــة ما كان معروفـــا من مقولاتهـــا ، ويستخدمونها لاستحداث الجديد منها . وبالطبـــع لم يكن « **المنطـــق الرمزى** » Symbolic logic(أو المنطق الرياضى Mathematical logic) الذى يعتبر الصياغة الرمزية للمنطق التقليدى ، باستثناء . فلقد طالته هو الآخر تأثيرات « الفئة » وفعلت فيه فعلها الذى سنوضحه بالنسبة لواحد من أهم مفاهيمه الأساسية وهو مفهوم « **التصور** » Concept . فالمناطقة يعرفون التصور بأنه « **فكرة مجردة كلية تعكس السمـــات الجوهرية للأشياء** » [1] . فهو فى عرفهم « **فكرة** » بمعنى أن وجوده ذهنى فى عقل الانسان ، وهو « **كلى** » بمعنى انطباقه على عدة أفراد . وهو فوق ذلك كله يعكس فقط تلك « **السمات الجوهرية** » التى تميز الشىء أو الموضوع المعنى عن بقية الأشياء والموضوعـــات . وبلغـــة المناطقة ، فان « **كل تصور (يصدق) على أفراد و (تفهم) منه مجموعة سمات** » [1] . فكلمة « انسان » هى التمثيل اللغوى لـ « **تصور** » **يصدق** على أفراد البشر الموجودين اليوم والذين وجدوا من قبل والذين سيوجدون فى المستقبل ، **وتفهم** منه مجموعة صفات من قبيل كـــائن حى ، مفكر ، ناطق ، ... ، تنطبق عليهم جميعا . ويطلق على مجموع الصفات التى تفهم من اللفظ كلمة « **المفهوم** » Intension أما الأفراد الذين يتمتعون بهذه الصفات فيطلق عليهم « **الماصدق** » Extension . وهكذا يمكننا القول بأن « **الطريقة الصريحة** » لتمثيـــل الفئـــات ليست الا تعبيراً عن « **ماصدق** » التصور الذى تمثله الفئة وذلك بسردهـــا لكافة الأفراد المنتمين اليها ، بينما تعبر « **الطريقة الضـــمنية** » عـــن « **مفهوم** » التصور باهتمامها بالسمات التى يتعين تمتعهم بها .

واذا كان من طبائع الأمور أن يضع أصحاب لغة ما القواعد والقوانين التى تحكم استخدام عناصرها ، من حروف ومفردات وصيغ وتراكيب ، وتضبط اشتقاق تلك العناصر بعضها من البعض الآخر ، فان هذا الأمر يصبح لازما بالنسبة للغة الرياضيات . وهكذا رأينا أهل تلك اللغة وهم يقننون لكيفية استخدام الصيغة الجديدة ، الفئة ؛ ويضعون قواعد التعامل معها . ومن أهم هذه القواعد تلك التى تحدد كيفية تكوين فئات جديدة من تلك الموجودة فعلا ، أو بعبارة أخرى « **القواعد الصرفية** » لاشتقاق الفئات ... ! وأولى هذه القواعد هى قاعدة « **اتحاد الفئات** » Union التى تنص على أنه يمكن ضم فئتين (أو أكثر) معا لتشكلا فئة جديدة تضم معا كلا من عناصرهما ويرمز لها بالصيغة :

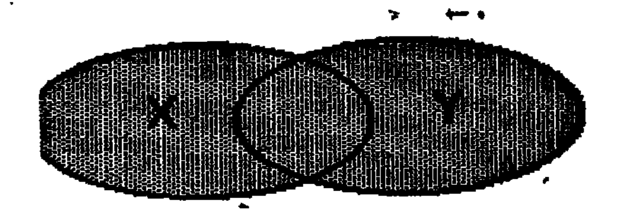
$$X \cup Y$$

حيث يرمز الحرف X الى الفئة الأولى ، ولتكن على سبيل المثال فئة (**النساء ذوات الشعر الأسود**) ، ويرمز الحرف Y الى الفئة الثانية ، ولتكن فئة (**النساء ذوات الشعر الكستنائى**) ، ويشير الرمز $\cup$ الى عملية الاتحاد بينهما . اى أن الفئة الناتجة عن اتحاد الفئتين X, Y تضم (**كل النساء من ذوات الشعر الأسود والشعر الكستنائى**) على السواء . هذا ويمكن التعبير رمزيا عن الفئة الناشئة عن اتحاد الفئتين X, Y (أى الفئة التى تحتوى على عناصر كل من الفئتين) كما يلى :

$$X \cup Y = \{ a / a \in X \text{ or } a \in Y \}$$

حيث يستخدم الرمز $\in$ للاشارة الى انتماء العنصر a الى فئة بعينها . ولما كانت لغة الرموز لا تقتصر فقط على حروف اللغات الطبيعية بل تتسع لتشمل الرسوم والأشكال ، فان عالم الرياضيات الانجليزى جون فن (١٨٣٤ — ١٩٢٣ م) J. Venn قد ابتدع طريقة بسيطة لتصوير تلك القواعد . وتقوم هذه الطريقة على تمثيل الفئة ، أية فئة ، بواسطة شكل ما قد يكون دائرة أو مربعا أو أى شكل آخر يتم الاتفاق عليه . أما الفئة الناتجة عن أية عملية يتم اجراؤها على فئتين أو أكثر فيرمز لها بالجزء المظلل من الأشكال المستخدمة . وهكذا يمثل الشكل (١ — ١) مخطط فن لتمثيل الفئة الناتجة من اتحاد الفئتين X, Y.

أما ثانى هذه القواعد فهى قاعدة « **تقاطع الفئات** » Intersection التى يرمز لها بالرمز $\cap$. فعلى سبيل المثال اذا كانت الفئة X

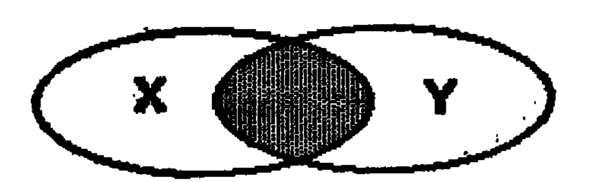


الشكل (١ ــ ١) مخطط فن لاتحاد الفئات

هى فئة (**النساء ذوات الشعر الأسود**) ، وكانت الفئة Y هى فئة (**النساء ذوات العيون الخضراء**) ، فان الفئة الناتجة من تقاطعهمـــا (X ∩ Y) هى الفئة التى تحتوى على (**النساء ذوات الشعر الأسود والعيون الخضراء**) . هذا ويمكن التعبير رمزيا عن الفئة الناتجة من تقاطع فئتين كما يلى :

$$X \cap Y = \left\{ a / e \in X \text{ and } a \in Y \right\}$$

أى أنها الفئة التى تضم فقط تلك العناصر التى تتواجد فى كل من الفئتين . ويمثل الشكل (١ ــ ٢) مخطط فن لتقاطع الفئتين X, Y حيث يمثل الجزء المظلل الفئة X ∩ Y الناتجة من تقاطعهما .



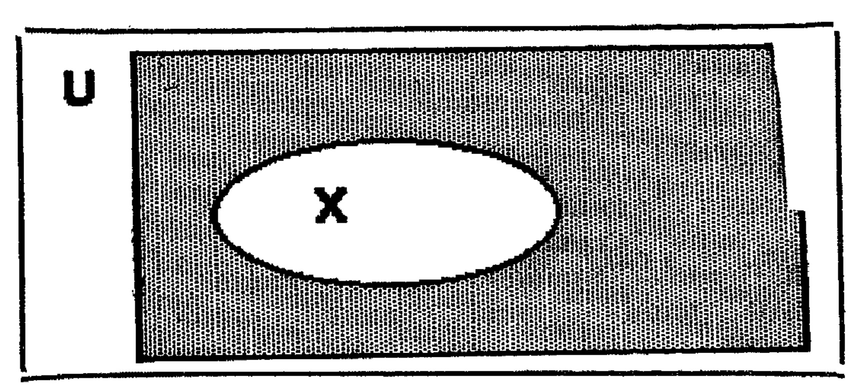
الشكل (١ ــ ٢) مخطط فن لتقاطع الفئات

ويتطلب التعرض لثالث تلك القواعد وهى قاعـــدة « **نفى الفئة** » التى تنشىء فئة جديدة هى « **متمم الفئة** » Complement ، تعريفـــا لنوع خاص من الفئات هو « **الفئة الكونية** » Universal set أو فئة « **عالم المقال** » Universe of discourse التى يرمز لها عادة بالرمز U وتضم فى طياتها كافة عناصر الموضوع قيد الاهتمام سواء أكنا معنيين بجميع تلك العناصر أم ببعضها فقط فاذا افترضنا أننا معنيون بالفئة التى تقتصر عضويتها على « **سكان الاسكندرية** » فقط ، فى هذه الحالة تصبح فئة « عالم المقال » ، أو « الفئة الكونية » ، هى فئة كل «**سكان**

مصر » . وانطلاقا من تعريفنا للفئة الكونية يمكننا تعـريف « **الفئة المتممة** » لفئة « **سكان الاسكندرية** » بأنها الفئة التى تضم كل سكان مصر ، باستثناء أولئك الذين يقطنون مدينة الاسكندرية . وبشكل أكثر عمومية اذا كان لدينا أية فئة X وفئة كونية لعالم مقالها U ، فـان الفئة المتممة لها ، والتى يرمز لها بالرمز X تعرف بواسطة الصيغة التالية :

$$'X = \{ a / a \in U \text{ and} \notin X \}$$

حيث الرمز $\notin$ يعنى أن a لا تنتمى الى الفئة X . ويمثل الشكل (١ — ٣)مخطط الفئة المتممة للفئة X .



الشكل (١ ـ ٢) مخطط فن للفئة المتممة للفئة

وكما أنشأ علماء الرياضيات ((**قواعد صرفية**)) لاشتقاق الفئـات بعضها من البعض الآخر ، رأيناهم أيضا يضعون الضوابط الصارمة لتمثيلها ولتحديد شروط الانتماء اليها . فوجدناهم يقررون أن ((**انتماء**)) شىء لفئة بعينها تعبر عن تصور ما هو أمر مرهون بتمتع هذا الشىء بسمة (أو بسمات) محددة تؤدى غيبتها (أو غيبة أى منها) الى نزع هذا الانتماء عنه فى حسم صارم لا تهاون فيه . وكعادة أهل الرياضيات المولعين بالاقتصاد فى الكلام وبالاسراف فى استخدام الرموز ، رأيناهم يعبرون عن هذا الأمر باستخدام دالة بسيطة ((**ثنائية القيمة**)) (٢) أسموها « **دالة الانتماء** » Membership function واختاروا لها كعادتهم حروف اللغة اليونانية « **ميو** » μ ليكون رمزاً لها . ودالة الانتماء هذه اما أن تساوى واحداً صحيحاً فى حالة تمتع الشىء بالسمة المطلوبـة التى تؤهله لعضوية الفئة موضع الاهتمام معبرة بقيمتها هـذه عـن

---

(٢) أى الدالة التى لها قيمتان فقط .

انتمائه للفئة ، أو أن تساوى صفرا فى حالة عدم تمتعه بهذه السمة معبرة بهذه القيمة عن نفى هذا الانتماء . ويمكن التعبير رمزيا عن دالة انتماء الشيء a للفئة X التى توصفها السمة (أو مجموعة السمات) P على الوجه الآتى :

اذا تمتع الشيء a بالسمة P فان :

$$\mu x(a) = 1$$

أى أن : $(a \in X)$

اذا لم يتمتع الشيء a بالسمة P فان :

$$\mu x(a) = 0$$

أى أن : $(a \notin X)$

حيث $\mu x(a)$ هى « **دالة انتماء** » الشيء a الى الفئة المرموز اليها بالرمز X . والآن اذا اعتبرنا فئة « **سكان مصر** » هى فئتنا الكونية U ، وأن فئة « **قاطنى الاسكندرية** » هى الفئة موضع الاهتمام X ، لأمكننا أن نضع تعريفا أكثر عمومية لدالة الانتماء للفئات المحددة ، بوصفها :

« الدالة التى تخصص لكل عضو من اعضاء فئة عالم المقال (الفئة الكونية) U عددا ، اما واحد او صفر ، يحدد انتماءه للفئة X من عدمه »

اى أن فئة القيم الممكنة لـ « دالة انتماء » الفئات المحددة هى الفئة التى تضم عنصرين فقط ، $\{0, 1\}$. وكعادة أهل الرياضيات ، فهم يمثلون دالة الانتماء هذه على الصورة الرمزية التالية :

$$\mu x(a) : U \rightarrow \{0, 1\}$$

والآن ، يمكننا بالاستعانة بدالة الانتماء هذه استحداث طريقة جديدة لتمثيل الفئات المشتقة الثلاث الناتجة من عمليات اتحاد الفئات وتقاطعها ونفيها . فالفئة الناتجة من اتحاد الفئتين X و Y يمكن تمثيلها بالجدول التالى :

$\mu_X(a)$	$\mu_Y(a)$	$\mu_{X \cup Y}(a)$
1	1	1
1	0	1
0	1	1
0	0	0

اى أن انتماء العنصر a لأى من الفئتين X و Y يؤهله لعضوية الفئة Y∪X . أما الفئة الناتجة من تقاطع الفئتين X و Y فيمكن تمثيلها على النحو التالى :

$\mu_X(a)$	$\mu_X(a)$	$\mu_{X \cap Y}(a)$
1	1	1
1	0	0
0	1	0
0	0	0

اى أنه لكى يتمتع عنصر ما a بعضوية الفئة X∩Y ، فلابد أن يكون منتميا لكل من الفئتين X و Y فى نفس الوقت .

وأخيرا تمثل الفئة المتممة للفئة X (أى نفيها) بالجدول التالى :

$\mu_X(a)$	$\mu_X(a)$
1	0
0	1

والحق أن هذا التمثيل الجدولى للفئات المشتقة ليس الا أحد صور التعبير عن ما يعرف بلغة المنطق الرمزى بجداول صدق القضايا المركبة . وهى القضايا التى يمكن تكوينها من القضايا الأولية (أى

الجمل الخبرية التي يمكن الحكم بصدق أو بكذب ما تخبرنا به) باستخدام الروابط المنطقية الثلاثة : « **الوصل** (و) » Conjunction (*and*) و « **الفصل** (أو) » Disjunction (*or*) ، و « **النفى** » Negation .

والآن ، فلنحاول استخدام صيغة « **الفئة المحددة** »(٣) Crisp set هذه للتعبير عن تصور ما وليكن « **الطقس الحار** » . في البداية سيتعين علينا تحديد درجات الحرارة التى نرى أنها تعبر عن احساسنا بحرارة الطقس تحديدا دقيقا ، ولتكن درجات الحرارة تلك هى التى تساوى أو تزيد عن ٢٥ م أو تساوى أو تقل عن ٣٥ م . أى أن الفئة المحددة التى تعبر عن تصور « **الطقس الحار** » يمكن تمثيلها كما يلى :

الطقس الحار = { [د/ ٣٥ ≥ د ≥ ٢٥] }

وهكذا ان اعلنت هيئة الأرصاد الجوية أن متوسط درجة حرارة « الغد » ستكون ٣٥ر٥ م ، فان طقس هذا الغد لن يكون ، طبقا للتعريف الذى تحدده فئة « الطقس الحار » السابقة ، طقسا حارا ... !؟ .. حيث ان درجة ٣٥ر٥ م لا تنتمى اليها . وهنا سيكون لزاما علينا ان ننشىء فئة جديدة لتعبر عن تصورنا لحالة الطقس الذى درجة حرارته ٣٥ر٥ م أو أكثر ولتكن مثلا فئة « الطقس شديد الحرارة» ونضمنها على سبيل المثال درجات الحرارة التى تساوى أو تزيد عن ٣٥ر٥ م وتقل أو تساوى ٤٥م . وهكذا سيتعين علينا انشاء العديد من الفئات المحددة التى تعكس تصوراتنا عن أحوال الطقس المختلفة بتقلباتها ما بين البارد والحار .

وهذا السلوك الباتر لدالة انتماء « **الفئات المحددة** » Crisp sets ليس ، فى حقيقة الأمر ، الا صورة من الصور العديدة لواحد من أهم قوانين المنطق التقليدى الذى وضع أسسه أرسطو (٣٨٤ — ٣٢٢ ق.م) منذ أكثر من ألفى سنة . انه « **قانون الثالث المرفوع** » (Law of the excluded middle tertum non datur) الذى ينص ، فى صورته اللفظية ، على « أن الحكم بصحة أمر من الأمور **لا يخرج عن اثنتين : فهو اما ان يكون صائبا (صادقا) ، أو أن يكون خاطئا (كاذبا)** » . أى أنه القانون الذى لا يسمح الا باختيار واحد من بين بديلين يستبعد كل منهما الآخر . انه قانون (**اما ... أو ...**) الذى لا يسمح بالبين بين فى الحكم على الأشياء . وبهذا يصبح المنطق

---

(٣) يطلق على الفئات ذات دالة الانتماء ثنائية القيمة اسم « الفئات المحددة — لتمييزها عن « الفئات الغائمة » Fuzzy Sets التى سنعرض لها فى الفصل الثانى .

التقليدى منطقا « **ثنائى القيم** » لا تحتوى فئة قيمه ، او احكامه على الأشياء ، الا على حكمين (أو قيمتين) فقط هما : الصدق (ص) والكذب (ك) ، أى ان :

قيم الحكم على امر ما = [صادق ، كاذب]

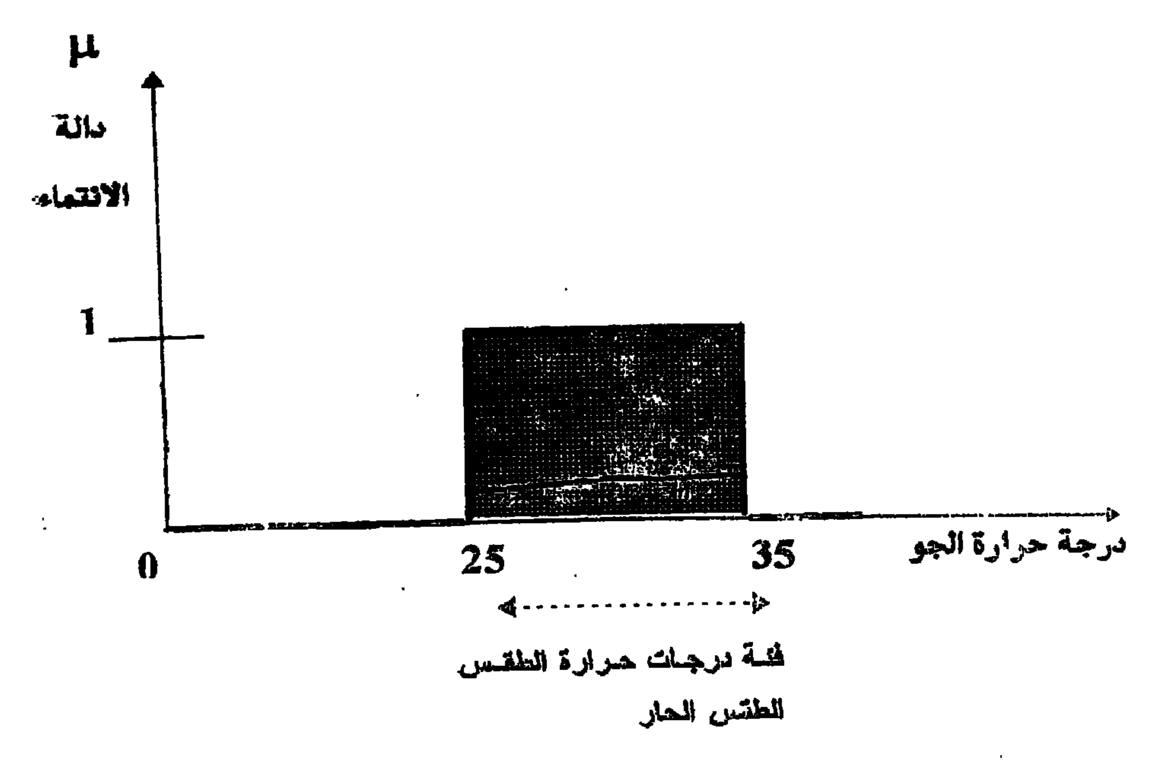
أو بصياغة أخرى :

قيم الصدق للمنطق الأرسطى = { 0, 1 }

حيث تشير القيمة (1) الى **صدق** (أو صواب) القضية المطروحة صدقا خالصا لا ريبة فيه ، وتشير قيمتها الأخرى (0) الى **كذبها** (أو خطئها) كذبا بينا لا شك فيه . وهكذا يختزل المنطق الأرسطى ، وما انبنى عليه من نظم منطقية ، ثراء ألوان الواقع المعاش والملموس الى لونين فقط هما الأبيض والأسود ، رافضاً الاعتراف حتى بوجود الرماديات . والحق ، وبالرغم من هذا الاختزال ، فلقد أحدث المنطق التقليدى ، منذ نشأته قبل ألفى عام ، ثورة حقيقية فى فكر الانسان بوصفه « **آلة قانونية تعصم مراعاتها الذهن من الخطأ** » . فلقد زود هذا المنطق الانسان بمجموعة متكاملة ومتسقة من المبادىء والقواعد والقوانين التى تسمح له بضبط صياغة أفكاره وباشتقاق المزيد منها ، وبآليات تكفل له عدم تضاربها او تناقضها . وعلى مدى الفى عام اسهمت الأجيال المتعاقبة من المناطقة وعلماء الرياضيات فى تطوير هذه « الآلة الذهنية » فى صقلها ، وفى اشتقاق نظم منطقية تقوم على أسسها مثل ((**حساب المحمول**)) Predicate Calculus و ((**الجبر البولى**)) Boolean Algebra ، نسبة الى عالم المنطق الانجليزى جورج بول (١٨١٥ — ١٨٦٤ م) .

وبالطبع لن يتسع المجال لذكر كافة انجازات هذا المنطق على مدى تاريخه الطويل ، لذا سنكتفى بأحدث وأهم تجلياته التقنية التى باتت تؤثر على مختلف انشطة الانسان وهى ((**الحاسوب**)) . فعمارة الحواسب التى يشيع استخدامها اليوم بمكوناتها الأساسية من دوائر « ثنائية الأوضاع » (٤) ليست الا التجسيد المادى لقواعد هذا المنطق

(٤) الدوائر « **ثنائية الأوضاع** » هى دوائر الكترونية يمكنها فى لحظة معينة اتخاذ وضع واحد فقط من بين وضعين متاحين لها . فالمصباح الكهربائى ، على سبيل المثال ، له وضعان فقط : مضىء ومطفأ . ويتم ، بالاتفاق ، على ان يمثل أحد هذه الأوضاع العدد {0} بينما يمثل الوضع الثانى العدد {1} .



الشكل (١ ــ ٤) : تمثيل بيانى لدالة انتماء فئة « الطقس الحار »

على وجه العموم ول « قانون الثالث المرفوع » على وجه التحديد ـ ولكن يبقى السؤال : « **هل بلغت هذه « الآلة الذهنية » ، بتاريخ تطورها الطويل وبانجازاتها غير المنكورة حد الكمال ... ؟** » . حقا لقد وفرت هذه الآلة الذهنية للانسان رموزا وصيغـا مكنته من التعبيـر عـن تصوراته لأحوال الواقع ولأحكامه المتعلقة بها ، ولكنها كانت صيغـا « **صورية** » Formal بالغة التجريد فارغة من المضمون ، مثلها فى ذلك مثل الاناء الفارغ الذى يمكنك ملأه بأى سائل تشاء ، أو كالقالب الذى يستخدمه المثالون فى تشكيل ما يروق لهم من مواد . ولئن مكنت هذه الصيغ الانســان من « التعميم » الذى يســاعده على توحيـد أسس التعامل مع مختلف الأمـور ، الا أنهـا قـد حـرمته من ثراء « **التخصيص** » الذى ينظر الى الأفكار فى اطار الظروف التى أنتجتها وفى ظل السياق الذى حدثت فيه . وهكذا رأينا صيغ هـذا المنطـق وعباراته وهى تقف عاجزة أمام ثراء وتنوع تصورات الانسان وأفكاره عن واقعه الملموس والمعاش . ولئن غضضنا الطرف مؤقتا عن هذا العيب الجسيم لنتساءل عن مدى نقاء مبادىء هذه الآلة الذهنية وخلو قوانينها من العيوب الخلقية (بكسر الخاء) ، لوجدنا أن الاجابة عـلى

هذا التساؤل بـ « لا » . فلقد اكتشف متعاطو هذا المنطق منذ بداياته الأولى العديد من أوجه القصـــور الكـــامنة فى صلب بنيته . ولعـــل « **مشكلة الكريتى الكاذب** » هى واحدة من اشهر وأقدم المسائل التى أبرزت بعضا من نواحى عجزه . والحكاية هى أن الكريتى (احد سكان جزيرة كريت) راح يشيع مقولة عن مواطنى جزيرته مؤداها أن « **كل الكريتيين كاذبون** » . وتوقعنا مقولته هذه ، ان التزمنا بقانون الثالث المرفوع ، فى مأزق لا نحسد عليه :

— فهو ان كان (**كاذبا**) فان قوله هذا يكون (**صادقا**) .

— أما ان كان (**صادقا**) فان قوله هذا يكون (**كاذبا**) .

وهكذا يمتزج الـ « صدق » بالـ « الكذب » ، ويلتحم « الخـــطأ » و « الصواب » ويصبح التمييز والفصل بينهما أمرا غير ممكن . وهكذا تصبح مقولة هذا الكريتى صادقة وكاذبة ، صائبة وخاطئة فى الوقت نفسه وتصبح اعادة النظر فى « قانون الثالث المرفـــوع » أمراً واجب التنفيذ حتى لا تؤرقنا أقوال الكريتيين . ولقـــد دفعت هـــذه المشكـــلة وغيرها المناطقة الى البحث عن نظم منطقية أخرى تتخلص من قيـــد « قانون الثالث المرفوع » وما يفرضه من ثنائية صارمة على أحـــكام الانســان ، نظم تعبر حاجز « ثنائية قيم » الصواب فيتســـع صدرهـــا للمزيد منها . وكانت البداية فى عشرينات هذا القرن عندما ابتدع عالم المنطق البولندى جان لوكاشيفتش J. Lukasiewicz (١٨٧٨ — ١٩٥٦ م) منطقا « **ثلاثى القيم** » تحتوى فئة أحكامه على ثلاث قيم ، أى أن :

قيم الصدق للمنطق الثلاثى = { (a, 0.5, 1 }

ولم يتوقف الأمر عند هذا الحد فلقد مضى لوكاشيفتش قدما ، بالتعاون مع زملائه ، ليطور منطقه « ثلاثى القيم » الى منطـــق عام « **نونى القيم** » تحتوى فئة أحكامه على n قيمة ، حيث n هذه هى عدد صحيح أكبر من أو يساوى اثنين ويشير الى رتبة النظام المنطقى . وفئة أحكام هذا المنطق نونى القيم Tn ، تأخذ الصورة العامة التالية :

$$Tn = \left\{ 0 = \frac{0}{n-1}, \frac{1}{n-1}, \frac{2}{n-1}, \ldots, \frac{n-2}{n-1}, \frac{n-1}{n-1} = 1 \right\}$$

حيث تؤول هذه الفئة الى فئة احكام المنطق التقليدى « **ثنائى القيم**» فى حالة ما اذا ساوت n اثنين ، أى أن :

$$T_2 - \{0, 1\}$$

وتؤول الى فئة أحكام المنطق « **ثلاثى القيم** » فى حالة ما اذا ساوت n ثلاثة ، أى أن :

$$T_3 = \{0, 1/2, 1\}.$$

وهكذا ، يمكن الحصول على نظم منطقيـــة ذات رتب أعلى مثل المنطق « **رباعى القيم** » اذا ما ساوت n أربعة :

$$T_4 = \{0, 1/3, 2/3, 1\}$$

أو المنطق « **خماسى القيم** » اذا ما ساوت n خمسة :

$$T_5 = \{0, 1/4, 1/2, 3/4, 1\}$$

وهكذا بالنسبة للنظم المنطقية الأعلى رتبة .

وبالرغم من تعدد قيم صواب الأحكام التى وفرتها نظم المنطـــق « **متعدد القيم** » برتبها المختلفة ، الا أنهـــا تتسم جميعـــا بالطبيعـــة « **المتقطعة** » لقيمها التى تقفز بخشونة من قيمة لأخرى ، مغفلة ما بينها من قيم وسيطة . وهكذا تغيب عنها جميعا القدرة على تمثيل « **التدرج**» الناعم الذى يميز اسلوب التفكير الانســـانى . فنحن ، بنى البشر ، لا نفكر فى العادة بطريقة ((**كمية**)) و ((**متقطعة**)) . فعندما يعبر شخص ما عن احساسه بارتفاع درجة حرارة الجو فهو يعنى بهـــذا مـــدى متدرجا من درجات الحرارة ، لا يمكن تحديده بدقة ومن ثم لا يمـــكن صوغه على هيئة فئة محددة الملامح ، تحتوى على عدد معلوم ومحدد من درجات الحرارة . وحتى هذا المدى غير المحدد بدقة يتغير بالنسبة للشخص الواحد من وقت لآخر ويختلف بالطبع من شخص لآخـــر . وهكذا تفقد « **الفئة المحددة** » مغزاها ومعناها عند مقابلتها بالواقـــع وبتصورات الانسان عنه .

واليوم ، وبعد اكثر من الفى عام من الصقل والتطوير هل نجحت هذه ((**الآلة الذهنية**)) حقا فى تحقيق هدفها المنشود وهـــو ((**عصمة الانسان من الخطأ**)) ... ؟ والحق ، فانه بقدر ما حققته هذه الآلة من نجاحات بقدر ما جلبته من محـــن وسببته من نزاعـــات ... !؟ . فـــ « **قانون الثالث المرفوع** » يجعل من ليس معنـــا هـــو بالضرورة ضدنا ... وأن من لا تتفق قناعاته مع قناعاتنا هو على خـــطأ مبين فى أغلب الأحيان ... ! . وهكذا انتفت مساحات التفاهم ، وتقلصت ارض الحوار ، واصبح حتى مجرد التعايش السلمى مع الآخر فى خبر كـــان .

الفصل الثاني

هكذا تحدث لطفي زاده

٢ ـ ١ ـ ظهـــور الغيـــوم

« يفترض المنطق التقليدى بكافة اشكاله دقة الرمـــوز والصـــيغ المستخدمة . لذا فهو لا يصلح للتعامل مع هذه الحياة الأرضية .. انه فقط يتلاءم مع وجود سماوى متخيل .. انه المنطق الذى يقترب بنا ، أكثر من أى شىء آخر الى السماء » .

برترانـــد راســـل

بهذه الكلمات يصف واحد من أهم علماء الرياضيات وفلاسفتها ، برتراند راسل (١٨٧٢ ــ ١٩٧٠) ، المنطق التقليـــدى الذى دامت سطوته على فكر الانسان ما يزيد عن الألفى عام [٣] . ويبدو أنه كان على البشرية الانتظار طويلا حتى يأتى من يهبط بهذا المنطق من عالم « **اليوتوبيا** » بمثالياته الى عالم الانسان بوقائعه وأحواله . وقد كان هذا الشخص المنتظر هو لطفى زاده ، أستاذ الهندسة الكهربية وعلوم الحاسب بجامعة كاليفورنيا ــ بـــركلى ، ذا الأصـــل الايرانى الذى استوطن الولايات المتحدة . وحتى سنة ١٩٦٥ لم تتعد اهتمامات زاده العلمية موضوعى « نظرية المنظومات العامة » General Systems Theory و«نظرية القرارات» Decisions Theory. الا أنه فى هذه السنة نشر ورقة علمية لا يتجاوز عدد صفحاتها الخمس عشرة صفحة وذات عنوان غير مألوف هو « **الفئات الغائمة** » Fuzzy Sets [٤] . وربما لم تحدث ورقة علمية منفردة ، باستثناء ورقة أينشتين الشهيرة حول « **نظريـــة النسبية الخاصة** » المنشورة سنة ١٩٠٥ ، ما أحـــدثته ورقة زادة من تداعيات على كافة المجالات العلمية والفكرية والتقنية . فمنذ ظهورها نشرت آلاف الأوراق العلمية المعنية بجانب أو آخر من الجوانب المتعددة لهذا المفهوم الجديد ، وعقدت عشرات المؤتمرات العـــلمية لمناقشته ، وأنشئت الدوريات المتخصصـــة فى موضوعـــاته ، وتـــوالى ظـــهور الاستخدامات التجارية والصناعية لما ولدته هـــذه الورقة من مفاهيم وأفكار حتى بلغت سنة ١٩٩٤ حوالى ١٥٠٠ استخدام وتطبيق تجارى وصناعى [٥] .

ولعل نقطة انطلاق هذا العمل الفذ الذى قام به لطفى زاده كانت هى وعيه المرهف بالفروق الجسيمة التى تباعد بين « **المنطق الرمزى**» بفئاته المحددة ، عن « **منطق الانسان** » . فالانسان ، فى اغلب تعاملاته مع أحوال واقعه ، فكرا أو عملا ، لا يستخدم « **لغة الكم** » ، بأعدادها وبرموزها وصيغها بالغة الدقة وشديدة الوضوح ، بل يعتمد أساسا على ((**لغة الكيف**)) ، بتعبيراتها الفضفاضة وصيغها السلسة التى كثيرا ما تفتقد الى الدقة وغالبا ما يشوبها الغموض . فهو عندما يرغب فى التعبير عن ((**مقادير**)) لا يستخدم ((**أعدادا**)) بل يستخدم ((**ألفاظا**)) من قبيل : **كثير** ، **قليل** ، **بعض** ، **العديد** ، .... ، وهو عندما يريد التعبير عن احتمال وقوع حدث ما لا يقول « **ان احتمال وقوعه هو بنسبة كذا فى المائة** » ، بل يستخدم تعبيرات من قبيل **دوما** ، **ربما** ، **قلما** ، **فى النادر** ، .... وهو عندما يرغب تأكيد أمر ما أو التهوين من شأنه يستخدم الفاظا وعبارات من قبيل : **جدا** ، **الى حد ما** ، .... كما أن تعبيرات الانسان عما يستشعره من أحوال واقعه لا تعرف تلك الانتقالات الكمية الحادة والخشنة التى تميز المنطق التقليدى ، أيا كانت رتبته ، فهى تتميز بـ « **تدرج** » و « **نعومة** » تفتقدهما صيغ وتعبيرات هذا المنطق العتيد .

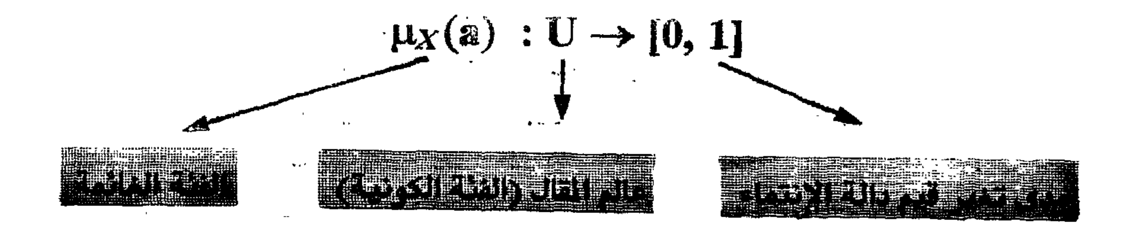
كان هذا كله فى ذهن لطفى زاده وهو يؤسس مفهومه الجديد عن « **الفئات الغائمة** » ، لتكون صيغة بديلة تحل محل « **الفئات المحددة** » فى التعبير عن منطق الانسان . وكان الحل الذى توصل اليه زاده مذهلا فى بساطته ومدهشا فى قدرته الفائقة على تمثيل العديد من خصائص منطق الانسان . فلقد اكتشف زاده العيب الخلقى (بكسر الخاء) الكامن فى تعريف الفئات المحددة ، النابع من « قانون الثالث المرفوع » والذى يتبدى فى السلوك الصارم لدوال انتمائها ثنائية القيمة . فقيم تلك الدالة بالنسبة للفئات المحددة ، كما أوضحنا فى القسم السابق، لا تحتوى الا على قيمتين فقط ، واحدة تعبر عن انتماء الشىء للفئة موضع الاهتمام انتماء لا ريب فيه (1) ، والأخرى تعبر عن عدم انتمائه اليها بشكل لا يقبل النقاش (0) . وهنا قدم لطفى زاده حله البديل بسماحه لقيم هذه الدالة أن تأخذ بالاضافة الى الصفر والواحد الصحيح ، أية قيمة بينهما . فقيمة هذه الدالة ، طبقا للتعريف الجديد ، يمكن أن تكون 0.185 أو 0.436 او 0.5 أو 0.7935 أو 0.962 الخ . وهكذا أنشأت دالة الانتماء المعدلة بقيمها « **المتصلة** » ، و « **اللانهائية**» (أى التى لا يمكن حصرها) نوعا جديدا من الفئات هو « **الفئات**

الغائمة » . ولا تغرك بساطة هذا التعديل فهو يحمل لنا فى طياته الشيء الكثير . وأول هذا الكثير هو قدرته على تمثيل خاصيتى « **التدرج** » و « **النعومة** » اللتين تميزان تعبيرات الانسان عن أحواله المتغيرة . فعلى سبيل المثال ، يستحيل علينا استخدام « **الفئات المحددة** » بدوال انتمائها ثنائية القيمة ، لتمثيل أحوال شخص تقتضى منه طبيعة عمله أن يقيم « **بعض الوقت** » فى مدينة الاسكندرية و « **بقيــة الوقت** » خارجها . فمثل هذا الشخص لا ينتمى الى فئة « **سكان الاسكندرية** » التى يقتضى الانتماء اليها الاقامة المستمرة فى مدينة الاســكندرية لمدة تزيد عن السنة ، أى ١٢ شهراً متواصلة (الشكل (٢ ـ ١ ، أ)) . وفى الوقت نفسه لا يمكن الحاقه على فئتها المتممة ، فئة ((**غير قاطنى الاسكندرية**)) حيث يتطلب الانتماء اليها عدم اقامة الشخص المعنى فى مدينة الاسكندرية . وهنا تقدم « **الفئات الغائمة** » ، بدوال انتمائهــا متدرجة القيم ، الحل المنشود . فاذا كانت فترة اقامة هذا الشخص خلال سنة ما فى مدينة الاسكندرية ثلاثة شهور ونصفا ، فان ((**بعض الوقت** » هذا يمثل 0.292 من السنة بينما ((**بقية الوقت**)) تمثل 0.708 منها . وهكذا يمكن التعبير عن « **درجة انتمائه الجزئى** » لفئة « **المقيمين بالاسكندرية** » بدالة انتماء قيمتها 0.292 وعــن ((**درجة انتمائه الجزئى**)) لفئة ((**غير المقيمين بالاسكندرية**)) بدالــة انتماء قيمتها 0.708 . أما ان تغيرت أحوال هذا الشخص فى سنة أخرى لتصبح مدة اقامته فى الاسكندرية سبعة شهور فقط ، فان قيم دالة انتمائه لكل من الفئتين ، فئة ((**المقيمين بالاســكندرية**)) والفئة المتممة لها « **غير المقيمين بالاسكندرية** » ، تتغير لتصبح قيمتها للأولى 0.583 وقيمتها للثانية 0.417 (الشكل (٢ ـ ٢ ، ب)) . وهكذا يسمح مفهوم « **الفئة الغائمة** » بانتماء الكيان الواحد لأكثر من فئة غائمة فى نفس الوقت .

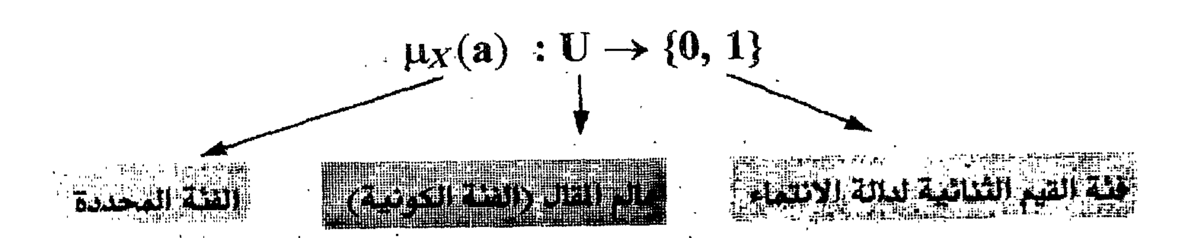
وانطلاقا من المثال السابق يمكن وضع تعريف أكثر عمومية لدالة الانتماء للفئات الغائمة ، فهى :

« الدالة التى تخصص لكل عضو من اعضاء فئة عــالم المقــال (الفئة الكونية) U عددا ما بين الصفر والواحد يحدد درجة انتمائه للفئة الغائمة X » .

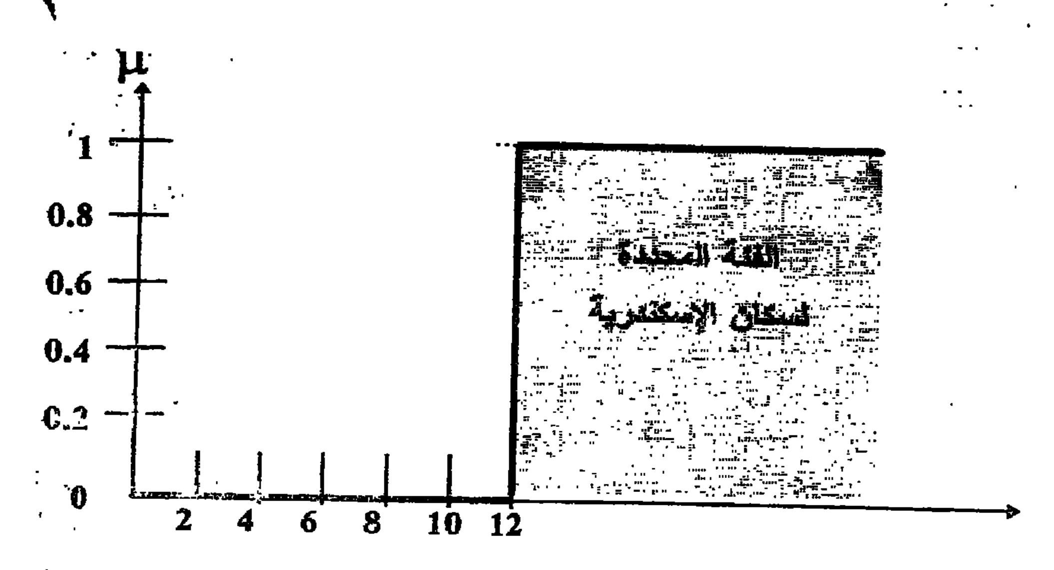
أى أن : $\mu_X(a)$ تحدد درجة انتماء العنصر a الى الفئة X . ويأخذ هذا التعريف الصورة الرمزية التالية :

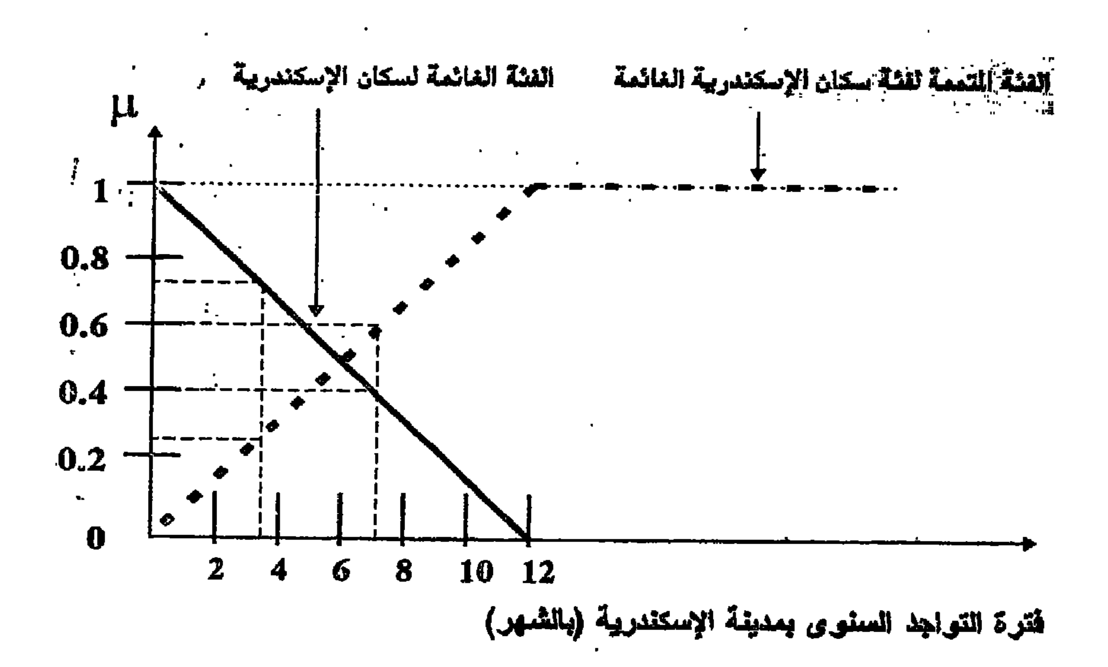


حيث تمثل [0, 1] كل الأعداد التى تساوى أو تزيد عن الصفر ، وتساوى أو تقل عن الواحد الصحيح . وهكذا تظهر صديقتنا القديمة « ميو » μ مرة أخرى وقد ارتفع رصيد قيمها من قيمتين فقط ، هما أعضاء الفئة {0, 1} الى عدد لا نهائى من القيم يعبر عنه المدى [0,1] . وقارن « ميو الجديدة » هذه ، دالة الانتماء للفئات الغائمة ، بـ « ميو القديمة » ، أى دالة الانتماء للفئات المحددة التى تأخذ الهيئة الرمزية التالية :



ويمنحنا مفهوم « **الفئات الغائمة** » ودوال انتمائها لا نهائية القيم أداة لصياغة منطق التفكير البشرى . فعلى سبيل المثال يستخدم الانسان عند سؤاله عن عمر شخص ما أوصافا من قبيل « **طفل** » ، و « **فتى** » ، و « **بالغ** » ، و « **شاب** » ، و « **كهل** » ، و « **عجوز** » . وبالطبع تختلف تقديرات كل منا عن حدود المرحلة العمرية لكل وصف من هذه الأوصاف . فأغلبنا يقر بأن من يقل عمره عن ٢٠ سنة هو شاب وفى عنفوان الشباب ، ويعتبر البعض الآخر أن من فى الأربعينات من عمره لم يتجاوز بعد مرحلة الشباب . بل ويعتبر بعضنا أن من يقل عمره عن ٦٠ سنة لا يزال شابا ، انطلاقا من أن الشباب هو شباب القلب ... ! ... وتأسيسا على التقدم الملحوظ فى أساليب رعاية الانسان لنفسه بدنيا وذهنيا . ومثل هذا التراوح فى التقديرات لا يجد





شكل (٢ ـ ١) : تمثيل سـكان مدينة الاسكندرية باستخدام فئة محددة (أ) ، وباستخدام فئة غائمة ومتممتها (ب) •

أفضل من « ميو » الجديدة وما تمثله من فئة غائمة للتعبيــر عنه .
ولتوضيح هذا الأمر ، سنفترض ان لدينا فئة كونية X محددة تضم كافة الأعمار الممكنة ، أى أن :

$$X = \{10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100\}$$

وانطلاقا من هذه الفئة الكونية يمكننا تكوين فئة غائمة للتعبير عن تقديراتنا المتباينة لصفة ((**شاب**)) . ولتكوين هذه الفئة تخصص لكل عنصر من عناصر الفئة الكونية قيمة عددية لدالة الانتماء تعكس مدى تناعتنا بتعبير هذا العنصر عن صفة الشباب . فعلى سبيل المثال ، لا يختلف اثنان على « **شبابية** » من عمره عشرين سنة ، وهو الأمر الذى يمكن تمثيله بدالة انتماء للعنصر ٢٠ تساوى قيمتهـا الواحــد الصحيح . وبزيـــادة العمر تقــل نسبة الاجماع على تمتع صــاحبه بصفة الشبابية . لذا تقل قيم دالة الانتماء لفئة « **شــاب** » بازدياد العمر حتى تصل الى الصفر عندما يصل العمر الى سبعـــين سنة .
ويوضح الجدول التالى قيم دالة الانتماء للفئات الغــائمة الثلاث التى تمثل صفات ((**بالغ**)) ، و ((**شاب** » ، و ((**عجوز**)) والموضحة بيانيا فى الشكل (٢ — ٢) .

عناصر الفئة الكونية للعمر	قيم دالة الانتماء للفئة الغائمة **بالغ**	قيم دالة الانتماء للفئة الغائمة « **شاب** »	قيم دالة الانتماء للفئة الغائمة « **عجوز** »
10	0	1	0
20	0.8	1	0.1
30	1	0.8	0.2
40	1	0.5	0.4
50	1	0.2	0.6
60	1	0.1	0.8
70	1	0	1
80	1	0	1

وكما هو الحال فى حالة الفئات المحددة ، يتم التعبير عن الفئات الغائمة بطريقتين : « **الطريقة الصريحة** » و « **الطريقة الضمنية** » . وقد استخدم زاده الهيئة التالية للتعبير صراحة عن الفئات الغائمة :

$$X=\mu_1/a_1+\mu/a_2+\cdots+\mu_n/a_n = \sum_{i=1}^{n} \mu i/ai$$

حيث تعنى علامة (+) فى هذا السياق مفهوم واو العطف ، وترمز n الى عدد عناصر الفئة الكونية . وقد يستخدم بعض الكتاب الهيئة التالية للتعبير الصريح عن عناصر الفئة الغائمة :

$$X = (a1,\mu1) + (a\ 2,\mu_2) + \ldots (a_\mu,\mu n) = \sum_{i=1}^{n} (ai,\mu i)$$

وهكذا يمكن التعبير عن الفئة الغائمة « **شاب** » اما على الهيئة :

« **شاب** » $= 1/10 + 1/20 + 0.8/30 + 0.5/40 + 0.2/50 + 0.1/60 + 0/70 + 0/80$

او على الهيئة :

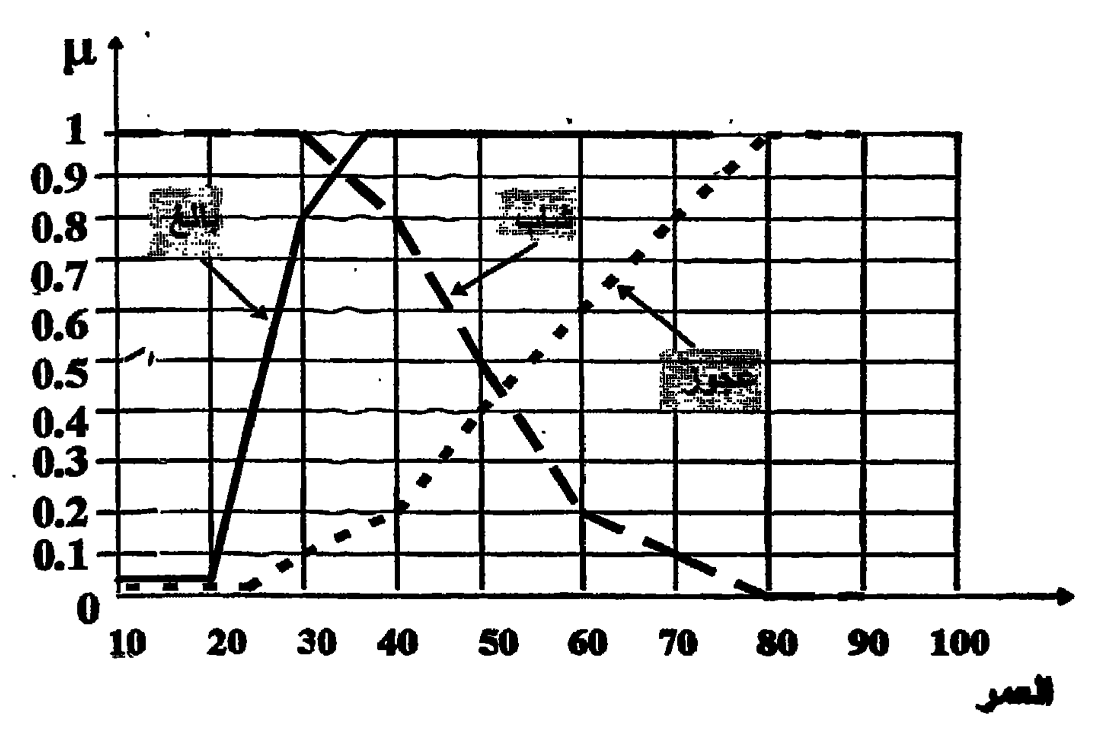
« **شاب** » $= (10, 1) + (20, 1) + (30, 0.8) + (40,0.5) + (50, 0.2) + (60, 0.1) + (70,0) + (80,0)$

أما الطريقة الضمنية فتأخذ الهيئة التالية :

$$X = \{ (a\,i,\mu i)/a\,i \in U \}$$

حيث U هى الفئة الكونية لموضوع الاهتمام (فئة عالم المقال) و X هى الفئة الغائمة المعرفة على U ، وذلك مع ذكر شكل دالة الانتماء صراحة (كما سيرد فى القسم ٢ — ٤) .

هذا ويمكن ، على وجه العموم ، تمثيل الفئات الغائمة جرافيكيـــا (بيانيا) حيث يمثل المحور الرأسى قيم دالة الانتماء ، ويمثل المحور الأفقى عناصر فئة عالم المقال (الفئة الكونية) U موضع الاهتمام .



الشكل (٢ ـ ٢) : التمثيل البيانى للفئات الغائمة « بالغ » ، و« شاب » ، و « عجوز » .

فعلى سبيل المثال يمثل الشكل (٢ ـ ٣) الفئة الغائمة التى دالة انتمائها :

$$\mu(x)=1 \qquad 0\leqslant x\leqslant a1$$

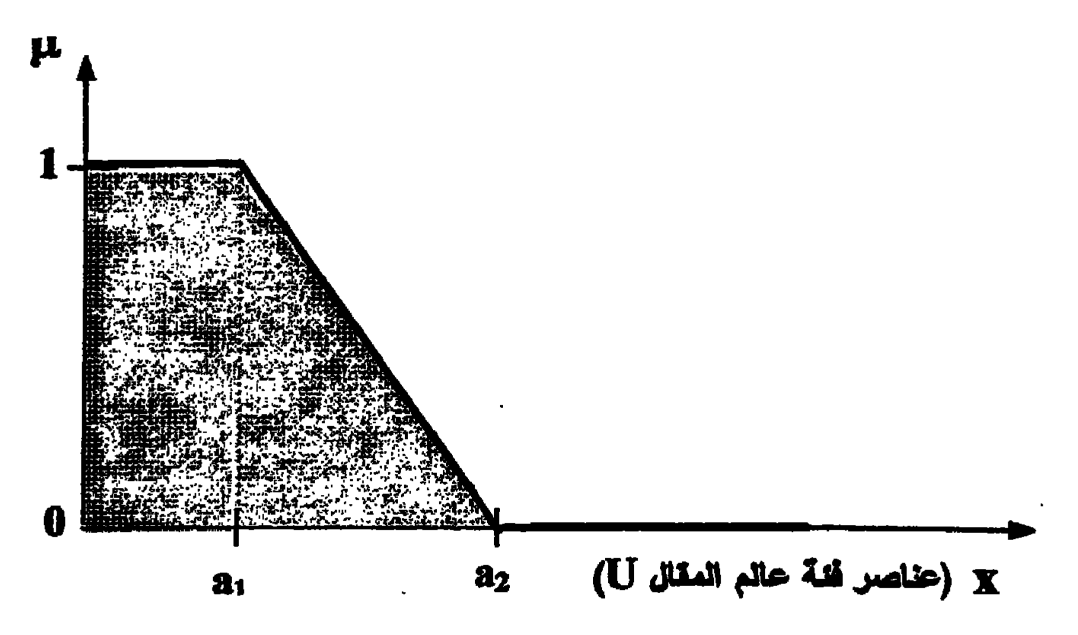
$$\frac{a2-x}{a2-a1} \qquad a1\leqslant x\leqslant a2$$

$$=0 \qquad a2\leqslant x$$

وهى الدالة التى تعبر عن اتصاف شىء ما بالصغر .

٢ ـ ٢ ـ تلبد الغيوم

تحدثنا فى الفصل الأول عن القواعد الصرفية للفئات المحددة ، أى تلك القواعد التى تمكننا من تكوين فئات جديدة من تلك المتاحة لدينا . ولقد شرحنا فى هذا الفصل ثلاثة من تلك القواعد وهى : قاعدة « **اتحاد الفئات** » وقاعدة « **تقاطع الفئات** » ، قاعدة « **نفى**



الشكل (٢ ـ ٣) : التمثيل الجرافيكى لدالة انتماء فئة غائمة تعبر عن « الصغر » •

الفئات » . ولهذه القواعد ما يقابلها فى حالة الفئات الغائمة ، فاذا اعتبرنا الفئة الكونية التالية :

$$U = \{a1, a2, a3, a4, a5\}$$

وعرفنا الفئتين الغائمتين X و Y عليها على الوجه التالى :

$$X = \{ (a_1, 0.2), (a_2, 0.7), (a_3, 1), (a_4, 0), (a_5, 0.5) \}$$

$$Y = \{ (a_1, 0.5), (a_2, 0.3), (a_3, 1), (a4, 0.1), (a5, 0.5) \}$$

فان الفئة الغائمة الناشئة من اتحادهما (X U Y) تعرف على الوجه التالى :

$$XUY = \{a / \max[\mu_X(a), \mu_Y(a)] a \in U\}$$

أى أن الفئة الغائمة الناتجة من اتحاد فئتين غائمتين هى فئة غائمة دالة انتماء أى عنصر من عناصرها تأخذ أكبر قيمة لدالة انتماء هـذا العنصر فى أى من الفئتين X أو Y فعلى سبيل المثال ، اذا اعتبرنا العنصر a_1 لوجدنا أن قيمة دالة انتمائه للفئة الغائمة X هى 0.2، بينما هى بالنسبة للفئة الغائمـة Y تساوى 0.5 ومن ثم تصبح قيمة دالة انتمائه لفئة الاتحاد الغائمة مساوية للقيمة الأعلى ، أى لـ 0.5 وهو الأمر الذى يعبر عنه بواسطة التعبير :

$$\max \; [\mu x(a), \mu Y y(a)]$$

حيث يعنى الرمز (max) (١) كلمة « أكبر ».

وبالمثل ، يمكن تعريف الفئة الغائمة الناشئة من تقاطع فئتين غائمتين ($X \cap Y$) على الوجه التالى :

$$X \cap Y = \{ a/\min [\mu_x(a) \mu_y(a)] \; a \in \Omega \}$$

أى انها الفئة الغائمة التى قيم دالة انتماء عناصرها هى أصغر قيم هذه الدالة لكل عنصر . فاذا أخذنا على سبيل المثال العنصر a_4 نجد أن قيمة دالة انتمائها للفئة الغائمة X هى 0.1 ، بينما هى بالنسبة للفئة الغائمة Y تساوى 0 ، ومن ثم تصبح قيمة دالة انتمائه لفئة التقاطع الغائمة مساوية للقيمة الأدنى ، أى الصفر . وهو الأمر الذى يعبر عنه بواسطة التعبير :

$$\min [\mu_x(a), \mu_y(a)]$$

حيث يعنى الرمز (min) (٢)كلمة«اصغر». هذا ويوجز الجدول التالى قيم دالة الانتماء لعناصر كل من الفئتين الغائمتين X و Y ولعناصر كل من الفئتين الناشئتين عن اتحادهما (XUY)وعن تقاطعهما (X U Y) .

U	$\mu_x(a)$	$\mu_y(a)$	X U Y	$X \cap Y$
a_1	0.2	0.5	0.5	0.2
a_2	0.7	0.3	0.7	0.3
a_3	1	1	1	1
a_4	0	0.1	0.1	0
a_5	0.5	0.5	0.5	0 .

(١) اختصار لكلمة « الاكبر » أو « الاعلى » maximum الانجليزية .
(٢) اختصار لكلمة « الاصغر » أو « الأدنى » minimum الانجليزية .

ولتوضيح القاعدة الثالثة من قواعد صرف الفئات الغائمة ، قاعدة « **النفى** » أو « **الاتمام** » ، والتى استخدمناها سابقا عند الحديث عن قاطنى مدينة الاسكندرية وغير القاطنين بها ، سنفترض أن فئتنا الكونية هى الفئة المحددة التالية :

$$V = \{a1, a2, a3, a4, a5, a6\}$$

وأن لدينا الفئة الغائمة X المعرفة عليها :

$$X=\{(a_1,0.13).(a_2,0.61).(a_3,0).(a_4,0),(a_5,1).(a6,0.03)\}$$

فان « نفى الفئة X » أو الفئة « **المتممة** » لها ('X) تعرف كما يلى :

$$'X = \{ a/[1 - \mu_x (a)] \ 1 \ a \notin V \}$$

أى أن الفئة المتممة للفئة الغائمة X هى الفئة التى قيم دالة انتماء عناصرها تحسب من المعادلة :

قيمة دالة انتماء عنصر ما للفئة الغائمة المتممة 'X =

ا — قيمة دالة انتماء نفس العنصر للفئة الغائمة X ،

أو $\mu X'(a) = 1 - \mu_x (a)$,

حيث او $\mu X'$ هى قيمة دالة انتماء العنصر a للفئة الغائمة المتممة 'X و $\mu_x(a)$هى قيمة دالة انتماء نفس العنصر للفئة الغـــائمة X.

فعلى سبيل المثال ، قيمـــة دالـــة انتماء العنصر a_2 للفئة الغائمة X تساوى 0.61 ومن ثم تصبح قيمة دالة انتمائها للفئة المتممة X, مساوية لـــ (1-0.61 =) 0.39 هذا ويلخص الجدول التالى قيم دالة الانتماء لكل من الفئة الغائمة X ومتممتها .

V	$\mu x(a)$	$\mu X'(a) = 1 - \mu x(a)])$
a_1	0.13	0.87
a_2	0.61	0.39
a_3	0*	1
a_4	0	1
a_5	1	0
a_6	0.03	0.97

٢ ـ ٣ ـ مستودعات المعرفة القائمة

يقول أهل المنطق من الفلاسفة عن المعرفة انها **ثمرة التقاء ذات مدركة (بكسر الراء) بموضوع مدرك (بفتح الراء)** . وهم بتعريفهم هذا يكونون قد لمسوا جوهر اختلاف مفهوم « **المعرفة** » Knowledge عن كل من مفهومى « **البيانات** » Data و « **المعلومات** » Information اللذين نلتقى بهما دوما أثناء مطالعتنا لأدبيات الحاسوب . فالبيانات ليست الا تلك « العلامات » التى نستخدمها فى التعبير عن خصائص وصفات ما نقابله فى الواقع من كيانات وما نعاينه من أحداث وسواء أكانت تلك العلامات أبجدية لغة أم أرقاما أم أشكالا أم رموزا . فالحروف والكلمات أمام خانة الاسم وخانة الجنسية فى جواز سفر ما والأرقام المكتوبة أمام خانة السن والصورة الملصقة ، تمثل فى مجموعها البيانات التى تصف حامل هذا الجواز . وهى البيانات التى تمكن ادارة الهجرة والجوازات فى بلد ما من استخلاص المعلومات المتعلقة بعدد القادمين اليها خلال فترة زمنية معينة ، ومن معرفة متوسط أعمارهم ونسبة كل جنسية من جنسياتهم . أى أن المعلومات ليست الا بيانات تمت معالجتها بطريقة أو أخرى لتأخذ شكلا جديدا يفيد متلقيها فى أداء عمل ما أو فى اتخاذ قرار . هذا ويعتبر كل ما يسقط من حسبان مفهومى « البيانات » و « المعلومات » سمة أصيلة من سمات « المعرفة » البشرية . فرأى الانسان وتفسيره ورؤيته لما يدور حوله من أمور والسياق الذى تحدث فيه ، تعتبر من العناصر الأصيلة التى تشكل المعرفة . ويمكن تعريف المعرفة البشرية كما يلى :

«المعرفة هى مجمل رؤى الانسان للواقع كما تتمثل فى المجموع المرتب والتكامل للمكونات الثلاثة التالية :

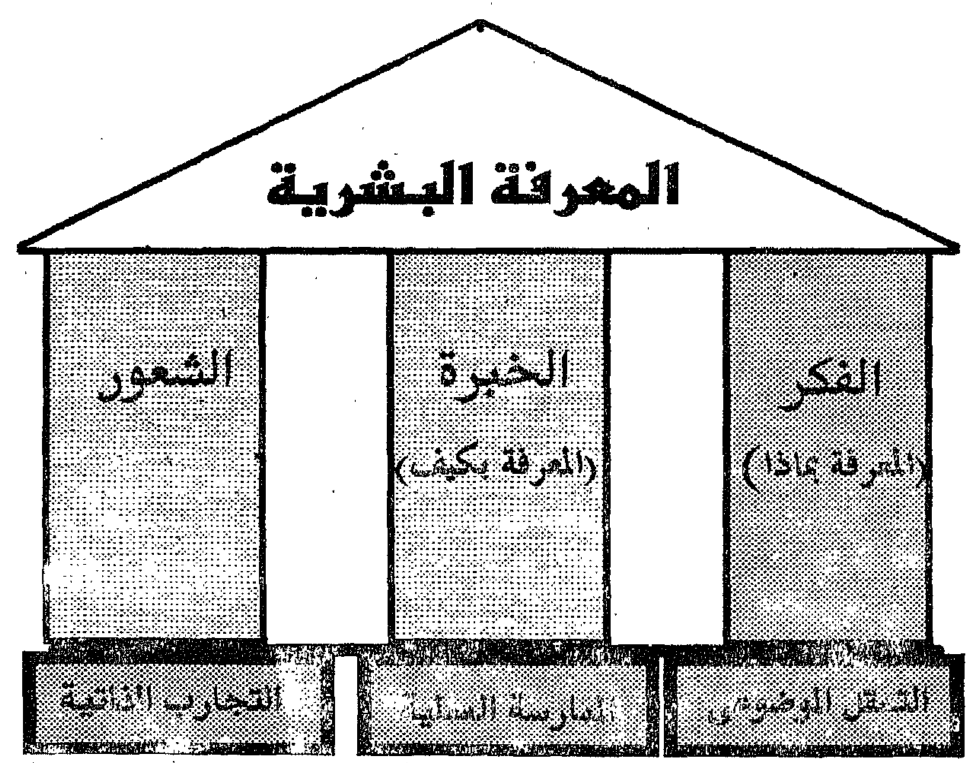
« الاستنتاجات العقلية » الناتجة من العقل والتجريب ، أو « المعرفة بماذا » Knowing that ;

« الخبرات المكتسبة » الناشئة من الممارسة العملية ، أو « المعرفة بكيف » Knowing how ;

« الأحكام الشخصية » النابعة من التجارب الذاتية .

وهو المجموع الذى يمكن تسجيله واختزانه وتقديمه للآخرين عبر وسائط الاتصال المختلفة ، مثل اللغة الطبيعية ، والصور ، والرموز ، وذلك طبقا لقواعد منطقية أو جمالية محددة سلفا » .

والمكون الأول من مكونات المعرفة البشرية هو « **المعرفة بماذا** » ، وهى المعرفة التى تتألف من مجموع الحقائق المستقرة التى يتوصل اليها العقل البشرى باستخدام المناهج العلمية ، ويمكن التحقق من صحتها من خلال الاختبارات المعملية أو المسوح الميدانية . ويعرف هذا النوع من المعرفة بـ « **المعرفة التقريرية** » Declerative Knowledge. وهى معرفة يسهل التعبير عنها باللغة الطبيعية للانسان أو باحدى اللغات الرمزية المصطنعة كالرياضيات ، كما يسهل تنظيمها فى بنى توضح العلاقات التى تربط بين الحقائق المكونة لها سواء اتخذت هذه البنى هيئة نظريات أم قوانين ، أو اتخذت هيئات أخرى . أما « **المعرفة بكيف** » فهى المعرفة التى يكتسبها الانسان نتيجة لممارسته عملا ما وتتبدى فى المهارات الحرفية والمهنية . وهذه هى « **المعرفة الاجرائية** » Procedural Knowledge التى يصعب تنظيمها والتعبير عنها بطريقة صريحة Explicit ونقلها للآخرين على عكس المعرفة التقريرية . أما النوع الثالث من أنواع المعرفة البشرية فهو « **المعرفة الشعورية** » ، أو ان شئت « **الحكمة** » التى تضم فى طياتها كافة معتقدات الانسان ومشاعره وأحاسيسه التى تتخلق بداخله ، نتيجة لما يكون قد مر به من مواقف نفسية وحالات شعورية ومعاناة ذاتية .



فن صياغـــــة المعـــارف

فن الصياغة هو فن تشكيل المعادن والأحجار الثمينـــة فى قوالب ليتحلى بها بنو البشر وتسر الناظرين . وهكذا أيضا فن صياغة معارف الانسان ، أثمن ممتلكاته ، فهو الفن الذى يســـعى الى استخـــلاص المعارف والى صياغتها على هيئة صيغ وبنى يمكن خزنها فى ذاكـــرة الحواسب ، ويمكن للانسان معالجتها وتعظيم استفـــادته منها ، عبر استغلاله للقدرات الفائقة للحواسب . ويعرف هذا الفن فى أوســـاط المتخصصين بـــ « **هندسة المعرفة** » Knowledge Engineering .

وترتبط البنى والقوالب المستخدمـــة فى تمثيل المعرفـــة ارتباطـــا وثيقا بطبيعة تلك المعرفة ، فنجد تلك المستخدمة فى تمثيل « **المعرفـــة بماذا** » تختلف عن تلـــك المستخـــدمة فى تمثيل « **المعرفـــة بكيف** » . وانطلاقا من هـــذا الارتبـــاط تنقسم طـــرق تمثيل المعرفـــة الى فئتين رئيسيتين : « **الطرق المتعمقة** » المستخدمة فى تمثيل « **المعرفة التقريرية** » وذلك بتركيزها على الحقائق المستقرة المتعلقة بالجـــوانب المختلفـــة لموضوع بعينه وعلى العلاقات بين تلك الجوانب ، و « **الطرق السطحية** » المستخدمة فى تمثيل « **المعرفة الاجرائية** » .

ويشكل تمثيل « **الخبرة البشرية** » [« **المعرفـــة الاجـــرائية** » أو « **المعرفة بكيف** »] مشكلة عويصة لصائغى المعرفـــة (أو مهندسيها) ، فهى معرفة لا تؤصلها نظرية ولا يضم عناصرها قانون . هذا بالاضافة الى صعوبة التعبير عنها لفظيا ، والطبيعة المتغيـــرة والمستمـــرة فى حقائقها ، وعدم وضوح العلاقات التى تربط بين الجوانب المختلفـــة لموضوعها . انها فى حقيقة أمرها مجموعـــة من « **الاقترانات** » بين عناصر أو وقائع موضوع ما تدعمها وتعززها المشاهدة والممارســـة والتطبيق . لهذا كله ، تستخدم فى تمثيلها « **الطرق السطحية** » التى تكتفى بتسجيل اقتران الظواهر المتعلقة بأمر من أمور الواقع . ويعتبر أسلوب « **قواعد الانتاج** » Production Rules (أو « **الأسلوب الشرطى** ») من أكثر أساليب هذه الفئة استخداما . وتأخذ « **قاعدة الانتاج** » الهيئة العامة التالية :

IF (*antecedent*) THEN (*consequent*)

اذا كان (مقدم) **اذن** (لازم)

ويوضح الشكل (٢ ـــ ٥) واحدة من قواعد انتاج مستخدمة فى تمثيل « **الخبرة** » أو الـــ « **معرفة بكيف** » فى مجال تشخيص الأمراض .

إذا
كانت القناة الهضمية هى المدخل المرجح للميكروب
إذن
(احتمال أن يكون الميكروب المسبب للعدوى هو الباكترويد Bactroide
وذلك بدرجة تيقن ٨٠٪).

الشكل (٢ ـ ٥) : مثال لـ « قاعدة انتاج » تمثل عنصرا من عناصر الخبرة فى تشخيص الأمراض .

أى أن قاعدة الانتاج هذه « **تقرن** » بين « **المدخل** » المرجح للميكروب وبين « **نوعه** » وذلك انطلاقا من الخبرة الطبية السابقة . ويمكن التعبير عن هذا الأمر باستخدام لغة الفئات حيث يمكن القول بأن قاعدة الانتاج هذه تنتقى عنصراً من عناصر الفئة المحددة التى تضم كافة المداخل المحتملة للميكروب ، و « **تقرنه** » بعنصر من عناصر فئة أخرى تضم أنواع كافة الميكروبات المعروفة . وبعبارة أخرى ، تنشىء قاعدة الانتاج هذه علاقة ما بين عناصر كل من الفئتين . وهى العلاقة التى يمكن التعبير عنها على الصورة التالية :

(القناة الهضمية ، الباكترويد)

وهو ما يعرف بـ « **الزوج المرتب** » Ordered pair المكون من عنصرين ، الأول من الفئة الأولى ، فئة المداخل المحتملة ، والثانى من عناصر الفئة الثانية ، فئة أنواع الميكروبات .

فعلى سبيل المثال لو أخذنا فى الاعتبار الفئتين المحددتين التاليتين :

فئة الروايات (N) = [**أفراح القبة ، الزينى بركات ، الحرافيش ، دعاء الكروان ، السكرية**] ،

وفئة المؤلفين (A) = [**طه حسين ، يحيى حقى ، جمال الغيطانى ، نجيب محفوظ**] ،

لأمكننا أن نشكل منهما العشرين زوجا مرتبا التالية :

(افراح القبة ، طه حسين)	(الزينى بركات طه حسين)	(الحـرافيش طه حسـين)	(دعاء الكروان ، طه حسين)	(السـكرية طه حسين)
(افراح القبة ، يحيى حقى)	(الزينى بركات يحيى حقى)	(الحـرافيش يحيى حقى)	(دعاء الكروان ، يحيى حقى)	السـكرية ، يحيى حقى)
(افراح القبة ، جمال الغيطانى)	(الزينى بركات جمال الغيطانى)	(الحـرافيش جمال الغيطانى)	(دعاء الكروان ، جمال الغيطانى)	السـكرية ، جمال الغيطانى)
(افراح القبة ، نجيب محفوظ)	(الزينى بركات نجيب محفوظ)	(الحـرافيش نجيب محفوظ)	(دعاء الكروان ، نجيب محفوظ)	السـكرية ، نجيب محفوظ)

وتشكل هذه الأزواج المرتبة فئة جديدة تعرف بـ « **حاصل الضرب الكارتيزى** » لفئتين محددتين ، ويرمز لها بالرمز $N \times A$. وهى الفئة التى يمكن التعبير عنها رمزيا على الهيئة التالية :

$$N \times A = \{(n1, a1), (n1, a2), \ldots, (n2, a1), \ldots, (n5, a4)\}$$

حيث يمثل الرمز n أحد عناصر فئة « **الروايات** » ، ويمثل الرمز a أحد عناصر فئة « **المؤلفين** » .

الا اننا اذا قررنا انشاء علاقة « **من تاليف** (R) بين عناصر فئة « **الروايات** » وعناصر فئة « **المؤلفين** » لوجدنا أن عدد الأزواج المرتبة التى تحقق هذه العلاقة هو فقط خمسة ازواج مرتبة (الأزواج المرتبة المظللة) . أى أن علاقة « **من تاليف** » هى « **فئة جزئية** » Subset من فئة حاصل الضرب الكارتيزى للفئتين المحددتين ، تحتوى فقط على الأزواج المرتبة التى تحقق العلاقة موضوع الاهتمام . ويمـكن تمثيل العلاقة بين الفئات المحددة باستخدام دالة انتماء ثنائية القيمة (أى « **ميو** » القديمة المستخدمة فى التعبير عن الفئات المحددة والتى التقينا بها فى الفصل الأول) . وهكذا يمكن تمثيل علاقة « **من تاليف** » على هيئة الجدول التالى الذى يعرض قيم دالة انتماء أى زوج مرتب من أزواج حاصل الضرب الكارتيزى للفئتين N و A للعلاقة « **من تاليف** » R ، أى $\mu R.(n,a)$.

	افراح القبة	الزينى بركات	الحرافيش	دعاء الكروان	السكرية
طه حسين	0	0	0	1	0
يحيى حقى	0	0	0	0	0
جمال الغيطانى	0	1	0	0	0
نجيب محفوظ	1	0	1	0	1

وبالطبع ، يمكننا باستخدام ((ميو)) ثنائية القيمة تمثيل عـــلاقة « **من تاليف** » أصدق تمثيل ، اذ لا يختلف اثنان ، على سبيل المثال ، أن :

السكرية [**من تاليف**] نجيب محفوظ ،

اى أن الزوج المرتب (**السكرية ، نجيب محفوظ**) تنتمى للعلاقة « **من تاليف** » ومن ثم لا بد وأن تساوى دالة انتمائها الواحد الصحيح . كما لا يختلف اثنان على خطأ :

الحرافيش [**من تاليف**] جمال الغيطانى ،

اى أن الزوج المرتب (**الحرافيش ، جمال الغيطـــانى**) لا تنتمى للعلاقة « **من تاليف** » ومن ثم لا بد وأن تساوى دالة انتمائها صفرا .

الا أن الأمور لا تمضى دوما بمثل هذه الدرجـــة من التيقن ، ففى اغلب الأحيان يشوب نظرتنا لما يحدث فى الواقع وللاقترانات بين وقائعه قدر كبير من اللاتيقن . وتعتبر مسألة « تشخيص الأمراض انطلاقا من أعراضها » واحدة من المسائل الشائعة التى يتعامل فيها الانسان مع قدر لا يستهان به من اللاتيقن والغموض . فللمرض الواحد أعراض عديدة تختلف من مريض لآخر وتتوقف على مرحلة تطور المرض . هذا بالاضافة الى أن العرض الواحد قد يكون علامة على عدة أمراض . فاذا افترضنا أن لدينا فئة محددة D تضم مرضين ، أى أن :

$$D = \{ d_1 , d_2 \}$$

وان الفئة المحددة S هى الفئة التى تضم أعراض هذه الأمراض ، أى أن :

$$S = \{ S_1 , S_2 , S_3 \}$$

فان انشاء علاقة محددة تربط بين عناصرهما لن يتمتع بدرجة التيقن الصارم ، المتمثلة فى استخدام « ميو ثنائية القيم » ، التى تمتعت بها علاقة « **من تأليف** » التى تعرضنا لها سابقا . ولتوضيح هذا الأمر سنفترض أن الخبرة الطبية المتعلقة بهذه الأمراض والأعراض المصاحبة لها يمكن تلخيصها فى العبارات التالية :

[١] (من النادر) ظهور العرض S_1 عند المصابين بالمرض d_1.

[٢] (فى العادة) يظهر العرض S_1 عند المصابين بالمرض d_2

[٣] يظهر العرض S_2 (دوما) عند المصابين بالمرض d_1.

[٤] لا يظهر العرض S_2 (مطلقا) عند المصابين بالمرض d_2.

[٥] (من النادر) ظهور العرض S_3 على المصابين بالمرض d_1.

[٦] (فى الغالب) يظهر العرض S_3 عند المصابين بالمرض d_2.

وأول ما نلاحظه على تلك العبارات أن كلا منها يعبر عن خبرتنا الطبية المتعلقة باقتران عرض ما بأحد الأمراض ، أى أن كلا منها يقابل أحد الأزواج المرتبة لحاصل الضرب الكارتيزى $S \times D$ للفئتين S و D الذى يمثل علاقة « **يدل على** » ، G ، (أى العرض كذا « **يدل على** » المرض كذا) بين هاتين الفئتين، $S \times D = \{ (s_1 , d_1), (s_1 , d_2)$ $(s_2 d_1), (s_2, d_2), (s_3, d_1), (s_3, d_2)$ حيث تقابل العبارة الأولى الزوج المرتب $(s_1 d_1)$ ، والثانية الزوج المرتب (s_2, d_1) ، والثالثة الزوج المرتب $(s_2 d_1)$ ، والرابعة الزوج المرتب $(s_2 d_2)$ ، والخامسة الزوج المرتب $(s_2 d_1)$ ، والسادسة الزوج المرتب $(s_3 d_2)$. أما ثانى هذه الملاحظات فهو احتواؤها على تعبيرات تدل على عدم التأكد القاطع من صحة العبارة من قبيل : « **من النــادر** » ، و « **فى العــادة** » ،

و « **دوما** » ، و « **فى الغالب** » . وهذا يعنى بالضرورة عدم ملاءمة « **ميو ثنائية القيم** » ، الصفر والواحد ، للتعبير عن مدى انتماء تلك العبارات ، أو ما يقابلها من أزواج مرتبة ، الى علاقة « **يدل على** » التى تربط بين عناصر فئتى « **الأعــراض** » S و « **الأمراض** » D، حيث انها اما تؤكد هذه العلاقة تأكيدا قاطعا أو تنفيها نفيا لا رجعة فيه . وهو الأمر الذى لا يمكننا من تمثيل الخبرة الطبية التى تتضمنها العبارات السابقة والتى لا تتميز اى منها بصفة القطع سلبا كان أم ايجـابا . لذا ، كان ضروريا الاستعانة بـ « **ميو الجديدة** » التى استخدمناها سابقا فى تمثيل الفئات الغائمة بقيمها التى تتدرج من الصفر الى الواحد بيسر ونعومة . فعلى سبيل المثال ، تعبير « **من النادر** » الموجود فى الجملة الأولى يعنى أن « ظهور العرض » S_1 عند المصابين بالمرض هو أمر مستبعد وان كانت هناك فرصة بالغة الضآلة لحدوثه . اى أن انتماء الزوج المرتب الممثل لهذه العبارة ، $(s_1\ d_1)$ ، للعلاقة « **يدل على** » لا يساوى صفراً بل يساوى عدداً بالغ الصغر . وهــو الأمر الذى يمكن تمثيله بتخصيص قيمة عددية صغيرة لدالة انتماء هذا الزوج للعلاقة G ، اى أن :

$$\mu G\ (s_1\ ,\ d_1\ )\ =\ 0.06$$

أما بالنسبة للعبارة الثالثة التى تتميز بوجود تعبير « **دوما** » الدال على صحة العبارة بشكل مؤكد ، فيمكن تخصيص الواحـد الصحيح لدالة انتمائها للعلاقة G ، اى أن :

$$\mu G\ \ (s_2 , d_1\ ) = 1$$

وهكذا يمكننا تخصيص قيمة عددية لدالة انتماء العبـارات الست السابقة للعلاقة G ، التى تمثل الخبرة الطبية فى تشخيص الأمراض ، بحيث تعكس هذه القيمة مدى تيقننا من صحة كل منها . ويمكن تمثيل العلاقة « **يدل على** » على هيئة المصفوفة التالية :

$$G = \begin{array}{c|cc} & d1 & d2 \\ s_1 & 0.06 & 0.75 \\ s_2 & 1 & 0 \\ s_3 & 0.25 & 0.56 \end{array}$$

هذا ، وتعتبر العلاقة الغائمة G بمثابة مستودع للخبرة الطبية المتمثلة فى العبارات الست السابقة ، فالمصفوفة السابقة ليست الا تمثيلا مكثفا لقواعد الانتاج الست التالية :

اذا (ظهر العرض s_1) **اذن** (يحتمل المرض d_1 بدرجة تيقن 0.06) .

اذا (ظهر العرض s_1) **اذن** (يحتمل المرض d_2 بدرجة تيقن 0.75) .

اذا (ظهر العرض s_2) **اذن** (يحتمل المرض d_2 بدرجة تيقن 1) .

اذا (ظهر العرض s_2) **اذن** (يحتمل المرض d_2 بدرجة تيقن 0) .

اذا (ظهر العرض s_3) **اذن** (يحتمل المرض d_1 بدرجة تيقن 0.25) .

اذا (ظهر العرض s_3) **اذن** (يحتمل المرض d_2 بدرجة تيقن 0.56) .

٢ ـ ٤ ـ أصل وفصل « ميو »

ظلت « **نظرية الاحتمالات** » Probability Theory هى اداة الانسان الذهنية الوحيدة المعنية بالتعامل مع « **اللاتيقن** » المصاحب لأحداث الواقع وكياناته ، بشتى صوره التى سنعرض لها فى الفصل الرابع . وقد تعاملت هذه النظرية مع شتى صور اللاتيقن بوصفها تجليات لـ ((**عشوائية**)) Randomness ظواهر الواقع واحداثه التى لا تتوفر لدى الانسان نظرية عنها تفسرها وتمكنه من التنبؤ بسلوكها . ودام احتكار « نظرية الاحتمالات » لمسالة « اللاتيقن » حتى ظهرت الى الوجود ((**ميو الجديدة**)) بقيمها اللانهائية بداية من الصفر وانتهاء بالواحد الصحيح .. !؟ . وكانت ((**ميو**)) هذه هى دالة الانتماء التى تصف الفئات الغائمة . ورأينا أداة ذهنية جديدة تتأسس للتعامل مع « اللاتيقن » باستخدام اللغة الجديدة ، لغة « **نظرية الفئات الغائمة** »، ولتلقى الأضواء على الجوانب الخفية لـ « اللاتيقن » انطلاقا من مفهوم « الغيمية » Fuzziness ، أى صعوبة وضع حدود فاصلة وقاطعة بين ما نشاهده فى الواقع من ظواهر وكيانات ، وما نضفيه عليها من صفات . واشتركت الأداتان الذهنيتان ، « **نظرية العشوائية** » و « **نظرية الغيمية** » ، فى تعبيرهما عن لا تيقن الواقع بواسطة أعداد تتراوح قيمتها ما بين الصفر والواحد الصحيح (أى [0, 1]) . الا انهما بعد ذلك افترقا كل لحال سبيله . فحدوث أمر ونقيضه فى

نفس الوقت هو أمر مستحيل من منظور « **العشوائية** » (*) ونظريتها « **نظرية الاحتمالات** » ، ولكنه أمر مقبول من منظور « **الغيمية** » ، بل هو نقطة البداية لنظريتها « **نظرية الفئات الغائمة** » .

ولما كان اختلاف الرأى لا يفسد للود قضية فان « **الغيمية** » قد تركت لـ « **العشوائية** » أمر تحديد وقياس امكانية وقوع حدث ما من عدمه ، لتختص هى بوصفه حال وقوعه . أى أنها احتفظت لنفسها بحق الاجابة على أسئلة من قبيل :

- **ما هى درجة ونوع اللاتيقن المصاحب للحدث (أو للكيان) ؟**
- **الى أى حد يمكننا تمييزه عن غيره من الأحداث (أو الكيانات) الأخرى الموجودة ؟**

فعلى سبيل المثال تعبر الجملة الخبرية « **يحتمل سقوط أمطار غزيرة صباح الغد بنسبة ٣٠٪** » عن احتمال وقوع حدث غائم .. !! اى أنها تنطوى على وصف لـ « **لاتيقن مركب** » تتعامل مع مكونه الأول ، اى احتمال وقوعه ، « **نظرية الاحتمالات** » وذلك بتحديدها نسبة وقوعه بـ « ٣٠٪ » وتتعامل مع مكونه الثانى ، اى صفته حال وقوعه ، « **نظرية الفئات الغائمة** » وذلك باستخدامها « **غزير** » كوصف غائم له .

ولم تكن « **ميو الجديدة** » ، اى دالة الانتماء للفئات الغائمة ، مجرد حيلة رياضية ابتدعها لطفى زاده للتغلب على نواقص المنطق التقليدى بشتى صوره ، ولكنها كانت تعبيراً بليغاً عن « **الادراك (الحسى) الذاتى** » Subjective perception للانسان،ونموذجاً بالغ الجودة للطريقة التى يدرك بها « **اصناف** » categories الموجودات . فلقد بينت تجارب علم النفس أن هناك تمايزا بين العناصر النقية (المركزية) المنتمية لصنف من الأصناف والعناصر الأقل نقاء (الهامشية) . فللون الأحمر ، على سبيل المثال ، درجات عديدة تتدرج من الأحمر بالغ النقاء (اللون الأحمر المركزى) الى تلك الألوان التى يدخل الأحمر فى تكوينها بدرجة أو أخرى (الالوان الحمراء الهامشية) . وقد بينت هذه التجارب أن زمن الرد على سؤال من قبيل : « **ما هو لون هذا الشىء ؟** » يقل كثيرا كلما ازداد نقاء لونه . وما ينطبق على اللون ينطبق على اية صفة من الصفات المستخدمة فى تصنيف الأشياء وتمييزها بعضها من البعض .

(*) هذا نتيجة طبيعية لقانون الثالث المرفوع .

اى أن مسألة تحديد انتماء شيء ما لصنف بعينه ليست مسألة « نعم » أو « لا » ، بل هي مسألة درجة وتدرج .

ويبقى سؤال أخير عن كيفية تعيين دالة الانتماء المتعلقة بموضوع ما . وهنا تتعدد الطرق والأساليب التى من أبرزها طريقة ((**التمثيل**)) (**ضرب الأمثلة**) Examplification التى اقترحها لطفى زاده . وتقوم هذه الطريقة على عرض الشيء المراد انشاء فئة غائمة للتعبير عن احدى صفاته على مجموعة من الأشخاص ، وسؤالهم عن تقديرهم لهذه الصفة . وانطلاقا من تقديراتهم التى تأخذ شكل تعبيرات لغوية يمكن تحديد قيم دالة انتماء الفئة الغائمة التى تعبر عن الصفة موضوع الاهتمام وذلك بتحديد قيمة عددية لكل من تلك التعبيرات اللغوية . فعلى سبيل المثال اذا رغبنا فى تحديد دالة الانتماء لفئة غائمة لصفة « الطول » ، يتم عرض شيء ذى ارتفاع معين ويطرح على بعض الأشخاص السؤال التالى : « **هل يعتبر ارتفاع هذا الشيء فى نظرك طويلا ؟**)) . والاجابة المتوقعة فى هذه الحالة تأخذ التعبيرات اللغوية التالية :

((**بالقطع نعم**)) ، ((**الى حد ما**)) ، ((**بالكاد**)) ، ((**ليس تماما**)) ، ((**بالقطع لا**)) ،

وهى التعبيرات التى يمكن ترجمتها للقيم العددية التالية :

بالقطع نعم	الى حد ما	بالكاد	ليس تماما	بالقطع لا
1	0.75	0.5	0.25	0

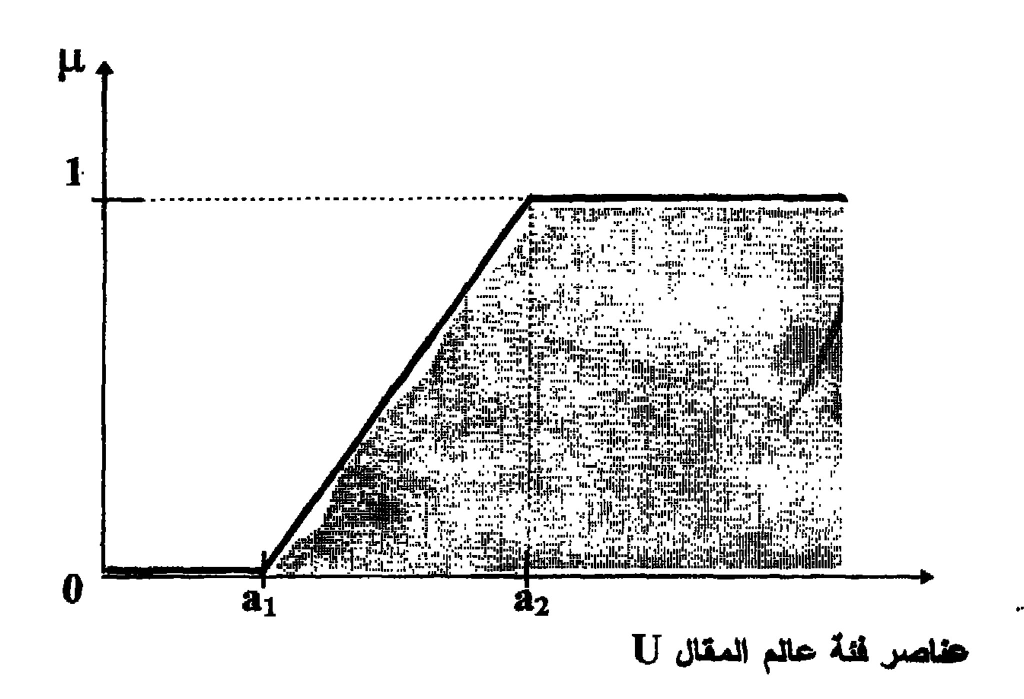
لتمثل قيم دالة الانتماء للفئة الغائمة المعبرة عن صفة « **الطول** » .

وهناك العديد من الأشكال القياسية لدالة الانتماء والتى يمكن تكييفها طبقا للمسألة قيد الاهتمام. فعلى سبيل المثال، يمثل الشكل (٢-٣) احدى الصور القياسية لدالة انتماء تعبر عن صغر قيم الصفة التى تمثلها الفئة الغائمة . وبالمثل تمثل المعادلة التالية احدى دوال الانتماء القياسية المعبرة عن كبر قيم الصفة التى تمثلها الفئة الغائمة :

$$\mu(x) = 0 \qquad , 0 \leqslant x \leqslant a1$$

$$\frac{x - a1}{a2 - a1} \qquad , a1 \leqslant x \leqslant a2$$

$$= 1 \qquad , a2 \leqslant x$$



الشكل (٢ ـ ٣) : التمثيل الجرافيكى لفئة غائمة تعبر عن « الكبر » ·

الفصـــل الثالث

منطق الغيـــوم

٣ ـ ١ ـ روعة الغموض

« النور الوهاج كالظلام الدامس ، لا يبيح للعيون قدرة الرؤية »
محمد مستجاب (*)

« .. فتانا شطة ، صبى يافع له من العمر اثنا عشر عاما ، دفعته ظروفه الاجتماعية الصعبة الى ترك المدرسة الابتدائية والى ان ينغمس فى معترك الحياة . وفتانا هذا تراه صبيحة كل يوم وهو يخترق بدراجته المتهالكة تلك الشبكة بالغة التعقيد من وسائل المواصلات والتى يطلق عليها القاهريون اسم ميدان العتبة . والأمر المحير حقا هى تلك البراعة والرشاقة التى يعبر بها فتانا الميدان حاملا فوق راسه طاولة من العيش البلدى الساخن ، لزوم افطار العديد من قاطنى المنطقة . ولا يلقى فتانا بالا الى تلك المواقف الصعبة التى يقابلها فى رحلته الصباحية . وهى ، والحق يقال ، متعددة ومتجددة لا تعرف طبيعتها التكرار . فما تفادى عربة ترام تتهادى بجسدها المتلىء وتضاريسه « الركابية » ... ولا تجنب عربة لورى مزهوة بقدرتها على السرعة وهى محملة بأطنان من « الأمن الغذائى » ... ولا كيفية اخراج سائق عربة كارو من تأملاته الحياتية ... الا بعض منها . ولا تشغل مواجهة كل هذه المواقف فتانا عن أداء طقوس مشواره اليومى المعتادة ، فتراه وهو يلقى بتحية الصباح لجرسون احدى تلك المقاهى المنتشرة فى الميدان بمجرد أن يلمح وجهه التى تطمس تقاطيعه أتربة المقطم الممتزجة بزفرات صدور أتوبيسات النقل العام التى تسهم بهمة فى حدة أزمة الطاقة العالمية . وتراه مستمتعا بالدخول فى قافية حامية الوطيس مع أحد الزوائد البشرية لأتوبيس ينتظر بضجر ظهور لون اشارة المرور الحمراء ليستمتع بكسرها .. وبالرغم من « بشرف » الضوضاء الذى تعزفه جوقة الميدان ، بسياراتها وناسها ، يتمكن من تمييز صوت صديقه العجوز الذى شوهت سنوات شرب الحمية الطوال أغلب نغمات حباله الصوتية فأضحى فحيحا تزينه الخرفشات ... » .

(*) كلمات لها معنى ، مجلة العربى ، العدد ٤٤٥ ، ديسمبر ١٩٩٥ ، ص ١٢٣ .

يحمل لنا المشهد السابق بعضا من القدرات الفائقة التى يتمتع بها بنو البشر وتفتقدها مصنوعات الانسان ، مادية كانت أم معنوية . وليست مهارات فتانا شطة الحركية ، وهى عديدة ، هى بيت القصيد . بل هى قدرات عقله التى تلفت الانتباه وطبيعة المنطق الذى يتبعه فى التعامل مع مجريات أمور واقعه بالغ التشوش والتعقيد . فعقله قادر على تمييز الأصوات وان تشوهت ، وعلى التعرف على الصور وان طمست . وهو ايضا يتمتع بالبديهة الحاضرة التى تعنى القدرة على ابتكار الحلول المبتكرة ، ومواجهة المواقف غير المسبوقة ، والرد السريع على الأسئلة غير المتوقعة ... فلا يوجد حتى الآن حاسوب قادر على الدخول فى قافية .. ؟! . وبالرغم من استخدام العقل البشرى لتعبيرات لغوية تعوزها الدقة وعبارات تفتقر الى القطع ويلفها الغموض ، الا أنه قادر على التجريد والتعميم وعلى استنباط القاعدة وصياغة القانون .

ولا يحتاج الانسان لانجاز المهام الى دقة فائقة . فعلى سبيل المثال يتمتع المصريون بمقدرة فائقة على « **ركن** » سياراتهم فى أمكنة الانتظار مهما تضاءل الحيز المتاح . وهم لا يجدون صعوبة كبيرة فى انجاز هذا الفعل حيث ان موقع السيارة واتجاهها فى الحيز المتوفر ليسا محددين بدقة بالغة ، أى بالسنتيمتر والدرجة على سبيل المثال . وبالطبع كلما تزايدت دقة تحديد موقع ركن السيارة واتجاهها ، ازدادت صعوبة عملية ركنها الى أن تصبح فى النهاية عملية غير قابلة للتنفيذ . وتقدم لنا مشكلة ركن السيارة هذه مثالا للمشاكل التى يسهل حلها بصياغتها صياغة غير دقيقة . أى أن التسامح ازاء « **عدم الدقة** » imprecision **واللاتيقن** uncertainty هو أمر لا مفر منه لتصريف شئون الحياة . وقدرة عقل الانسان على استغلال هذا التسامح هى التى تجعله قادرا على فهم الأصوات المشوشة ، وقراءة الخطوط غير الواضحة ، والتعرف على الصور المطموسة ، وقيادة سيارته أو عجلته فى الميادين المزدحمة ، وعبور الشوارع الغاصة بشتى أنواع وسائل المواصلات . وهى التى تمكنه من اتخاذ قرارات صائبة فى بيئة مشوشة ومعقدة وزاخرة باللامتوقعات .

ولقد صاغ لطفى زاده هذه البدهيات على هيئة مبدأ عام يعرف بـ « **مبدأ اللا توافق لزاده** » **Zadeh's Principle of Incompatibility** . وينص هذا المبدأ على أنه :

« بازدياد تعقد المنظومة او الظاهرة قيد الدراسة تتناقص قدرة الانسان على وصف سلوكها بعبارات وصيغ « **دقيقة** » وتكون فى الوقت نفسه « **ذات مغزى** » . وذلك الى الحد الذى يصبح بعده اجتماع الخاصيتين ، « **الدقة** » و « **المغزى** » ، أمرا غير ممكن » .

ولهذا المبدأ لاحقة corollary مهمة تنص على أنه :

« بقدر ما تزداد نظرتنا لمشاكل الواقع اقترابا ، بقدر ما تغم (*) علينا حلولها » .

وهذا بالضبط ما تفعله لغة الانسان الطبيعية باستخدامها الفاظا وعبارات من قبيل : « **يعنى** » ، و « **يمكن** » ، و « **الى حد ما** » ، و « **من المحتمل** » ، « **ربما** » .... ولا يؤثر وجود مثل هذه التعبيرات فى اللغات البشرية الطبيعية على قدرتها الفائقة على التعبير عما يدور فى أذهان الناطقين بها من أفكار وتصورات ، ولا على تبادلها مع الآخرين . بل على العكس من ذلك فان تلك التعبيرات تزيد من كفاءة وقدرة هذه اللغات وتكسبها مرونة فائقة وثراء لا حدود له .

وهكذا ، تسفر لنا الحياة عن منطقها الذى يتقبل عن طيب خاطر عدم الدقة والغموض واللاتيقن والابهام ويتعامل معها بكفاءة بالغة . وهنا يكمن عجز المنطق التقليدى عن التعامل مع ثراء معطيات الواقع نظرا لعدم قدرة صيغه وتعبيراته الصارمة وبالغة الانضباط على تمثيل المعانى غير الدقيقة والمبهمة التى تزخر بها لغات الانسان الطبيعية من ناحية . وحتى لو تمكنت صيغه من تمثيل هذه المعانى تمثيلا رمزيا فانه يفتقر للأساليب الضرورية لاستخلاص النتائج المطلوبة منها من ناحية أخرى . واذا كان هذا هو حال المنطق التقليدى ، ثنائى القيم ومتعددها، فانه يصبح من الضرورى البحث عن منطق جديد يتجاوز أوجه قصوره ويقترب أكثر من منطق الحياة .

٣ — ٢ — المتغيرات اللغوية

يلعب مفهوم « **المتغير** » Variable دورا رئيسيا فى مختلف فروع الرياضيات والمنطق . و « **المتغير** » هو « **حرف** » أو « **كلمة** » تستخدم

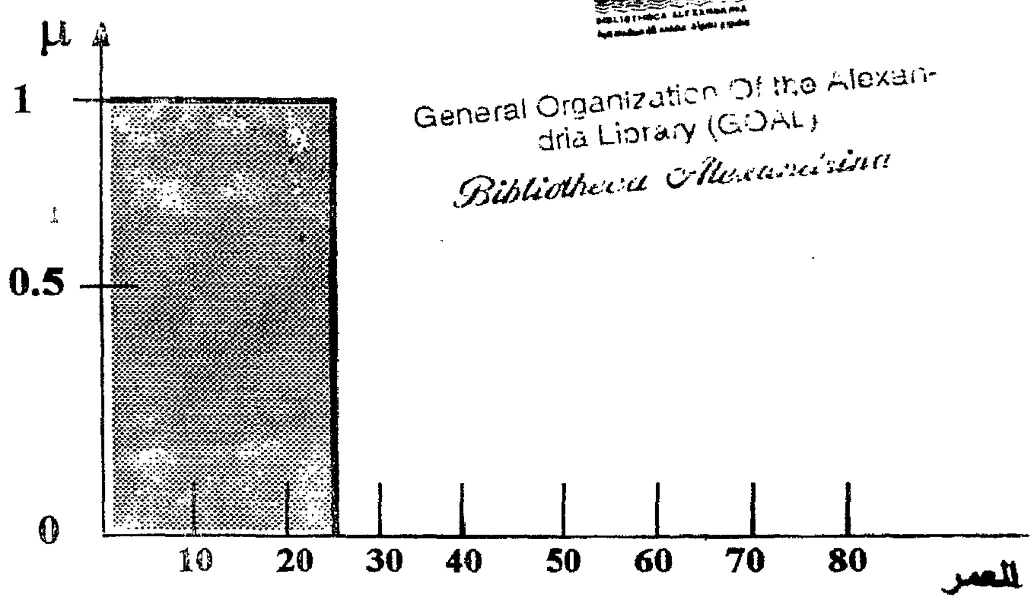
(★) غم الشيء غما غطاه وستره . وغم عليه الخبر استبهم واستعجم .

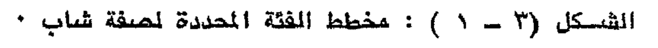
لتسمية واحدة من الخصائص المميزة للموضوع المطلوب وصفه . فاذا كان موضوعنا هو الانسان فاننا نستخدم خصائص مثل : « **الطول (و)** »، و « **الوزن (ز)** » ، و « **العمر (ع)** » ، و « **لون البشرة (ل)** » ، و « **الجنس (ج)** » ، لوصفه . وهذه الكلمات ، أو الرموز التى تحل محلها ، ليست الا تسميات للخصائص المميزة لموضوع الدراسة وهو فى هذه الحالة الانسان . الا ان تعريفنا للمتغير بوصفه « **خاصية مسماة** » لا يكتمل الا بذكر استخدامه كحافظ لـ « **القيم** » . فأى من تلك المتغيرات ، فى حقيقة أمره ، يمثل العديد من القيم المحتملة له . فمتغير « الطول » يمثل كافة القيم المحتملة لطول الانسان ، مثل ١٥٠ سم ، ٩٠ سم ، ١٧٥ سم ، ... ومن ثم يمكنه أن يأخذ أية قيمة منها تصف الكيان الموصوف . أما متغير « **لون البشرة** » فيأخذ قيما من قبيل « **أبيض** » ، « **مائل للبياض** » ، « **قمحي** » ، « **أسمر** » ، ... وطبيعة المتغير كحامل للقيم هى التى تمكننا من استخدامه فى التمييز بين كيان وكيان آخر .

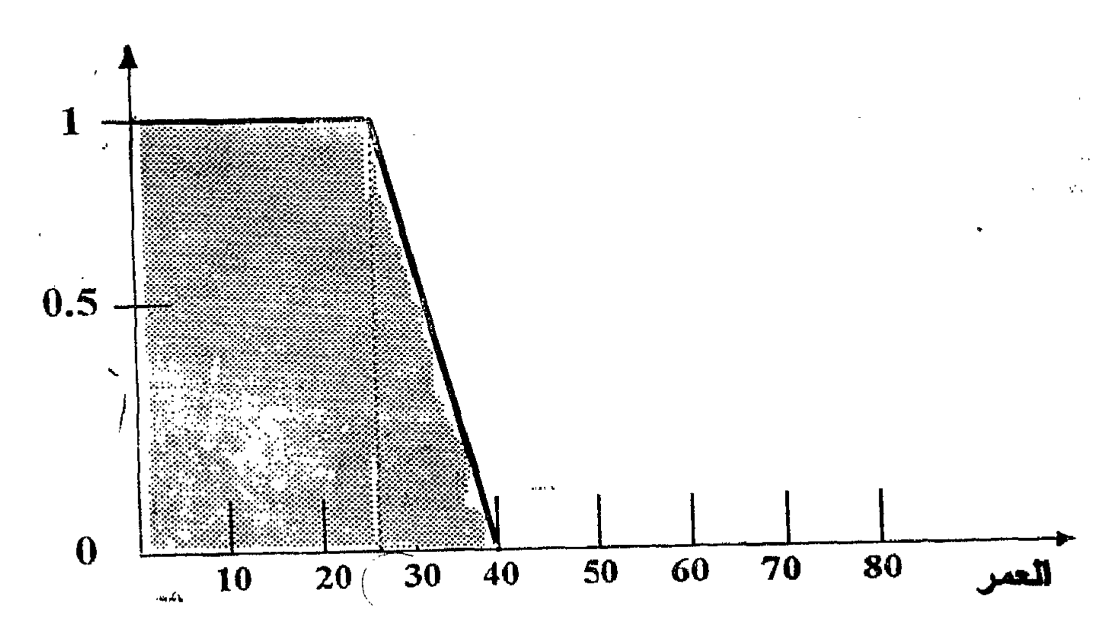
وعلى الرغم من تنوع طبيعة القيم التى يمكن لمتغير ما أن يمثلها ما بين عددية ولغوية ، الا أن الرياضيات والمنطق التقليدى قد قصرا دراستهما على نوعين فقط من أنواع المتغيرات . النوع الأول هو « **المتغيرات العددية** » التى تأخذ قيما عددية فقط . أما النوع الثانى فهو ((**المتغيرات المنطقية**)) التى تنحصر قيمها فى قيمتين فقط هما ((**كاذب (ك)**)) و ((**صادق (ص)**)) . ويبقى النوع الثالث ((**المتغيرات اللغوية**)) فى انتظار المنظومة المعقلانية التى تهتم بها هى الأخرى . وكانت هذه المنظومة المنتظرة هى منظومة المنطق الجديد ((**المنطق الغائم**)) Fuzzy Logic التى سنعرض لملامحها فى القسم التالى .

و ((**المتغيرات اللغوية**)) هى تلك المتغيرات التى يعبر عن قيمها المختلفة بواسطة كلمات أو عبارات اللغات الطبيعية للانسان ، أى كـ ((**قيم لغوية**)) ، مثل متغير ((**لون البشرة**)) على سبيل المثال . واذا كانت قيم متغير « لون البشرة » هى قيم لغوية فى الأساس ، فان هناك العديد من المتغيرات التى يمكن التعبير عن قيمها بأكثر من طريقة . فعلى سبيل المثال يمكن التعبير عن قيم متغير « **العمر** » عدديا بتخصيص عدد معين لبيان عدد سنى العمر ، مثل ٥ أو ١٠ سنوات أو ٢٠ أو ٦٥ أو ٤٠ سنة .وبالطبع تنتقى هذه الأعداد من الفئة التى تحتوى على كل الأعداد ما بين الصفر وأكبر عمر محتمل للانسان ، أى الفئة الكونية لأعمار بنى البشر . وبالطبع فان هذه الطريقة لوصف اعمار بنى البشر

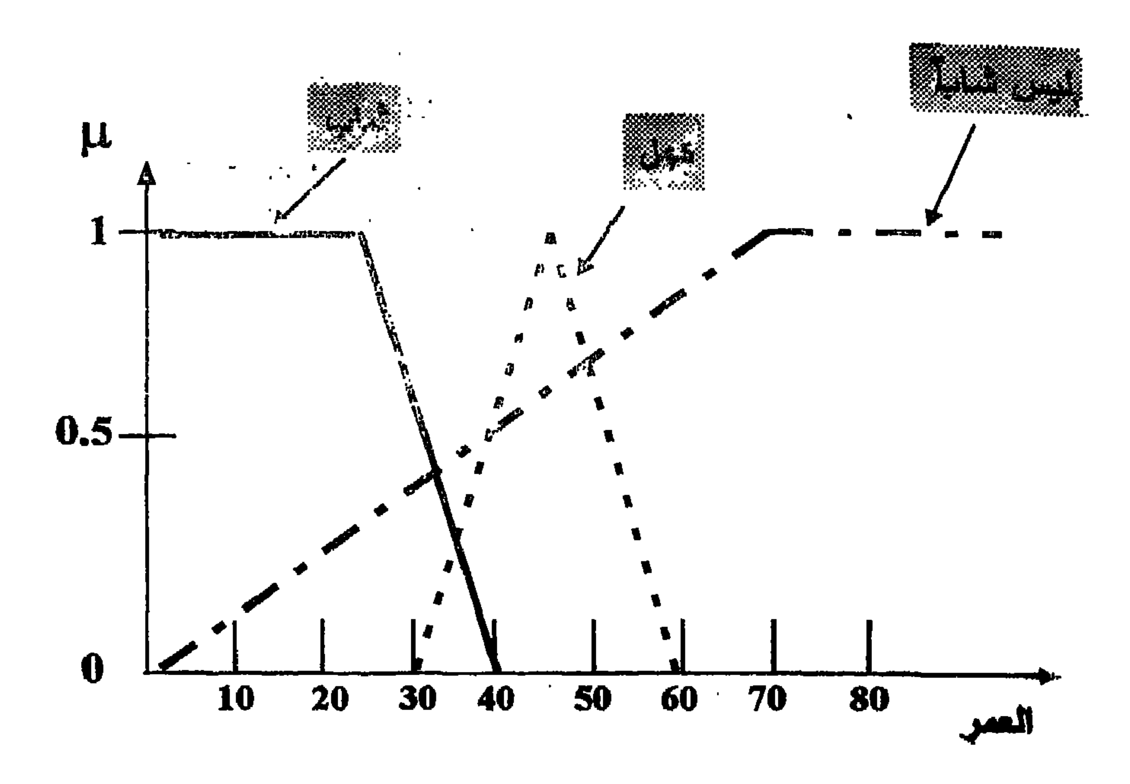
طريقة دقيقة ومحددة ، الا أن الانسان لا يلجأ اليها فى أغلب الأحيان عندما يرغب فى وصف عمر شخص ما . ففى العادة يلجأ الانسان لاستخدام عبارات لغوية من قبيل : ((**صغير**)) ، ((**ليس صغيرا**)) ، ((**كبير**)) ، ((**ليس كبيرا**)) ... وهلم جرا ، أو من قبيل فى العشرينيات، فى الثلاثينيات ... الخ . أى ان الانسان يستخدم عند تقديره لعمر شخص ما أسلوبا غير دقيق وغير محدد . فوصفنا لشخص ما بأنه ((شاب)) قد يعنى عند البعض من يقل عمره عن ٢٥ سنة ، بينما يعتبر البعض الآخر أن هذا الوصف يشمل أيضا من يقل عمرهم عن الأربعين سنة . وهذا ((**التفاوت**)) (**أو** ((**اللاتحديد**)) **أو** ((**الغيمية**))) المصاحب لوصفنا عمر الانسان لغويا ، يمكن تمثيله على اكمل وجه باستخدام الفئات الغائمة . ويوضح الشكل (٣ — ١) الفئة المحددة التى تقصر مفهوم كلمة ((شاب)) على من تقل أعمارهم عن ٢٥ سنة ، بينما يوضح الشكل (٣ — ٢) الفئة الغائمة التى تمثل مفهوم ((شاب)) آخذة فى الاعتبار تفاوت ولاتحديد التقديرات المختلفة لعدد سنوات هذه الصفة. وهكذا يمكن انشاء العديد من الفئات الغائمة التى تعبر كل منها عن احدى مراحل العمر ، وذلك انطلاقا من أوصافنا اللغوية لها مثل صغير، ليس صغيراً ، كبير ، ليس كبيراً ... وهلم جرا . بالطبع يمكننا الاستعانة بالقواعد الصرفية للفئات الغائمة (انظر القسم ٢ — ٢) لتكوين الفئات الغائمة المناظرة لقيم المتغيرات اللغوية . فعلى سبيل المثال يمكن حساب الفئة الغائمة ((**ليس شابا**)) بوصفها الفئة الغائمة ((**المتممة**)) للفئة الغائمة ((**شاب**)) (الشكل ٣ — ٣) . ومن هذا المنطلق يمكن اعتبار استخدام ((**المتغيرات اللغوية**)) بمثابة أسلوب من أساليب ((**ضغط البيانات**)) Data compression أو ((**بحبحتها**)) granulation [٨] .




الشـكل (٣ ـ ١) : مخطط الفئة المحددة لصفة شاب ٠



الشكل (٣ ـ ٢) مخطط الفئة الغائمة لصفة شاب (من يتراوح عمـره بين صـفر و٤٠ سنة) ٠



الشكل (٣ ـ ٣) : الفئات الغائمة الممثلة لبعض مراحل العمر المختلفة ٠

ويمكن تكوين قيم المتغيرات اللغوية باستخدام كل من :

● « **حدود أولية** » primary terms من قبيل : صغير ، كبير ، .. والتى تعتبر كل منها بمثابة « عنوان » لفئة غائمة من فئات عالم المقال (أى الفئة الكونية المحددة التى تحتوى على كافة القيم الممكنة لعمر الانسان) ،

● « **الروابط المنطقية** » مثل « **ليس** » (النفى Negation ، و « أو » (الوصل Conjunction) و « او » (الفصل Disjunction).

● « **معدلات** » modifiers (« مسوحات » Hedges) من قبيل : ليس تماما ، الى حد ما ، كثير .

ومن ثم يمكن للمتغير اللغوى « العمر » أن يأخذ قيما مثل « ليس صغيرا » ، « كبير الى حد ما » .

٣ ـ ٣ ـ المنطق الجديد

والآن ، وبعد أن عرضنا لمفهوم « **المتغيرات اللغوية** » التى استحدثها لطفى زاده واستخدم فئاته الغائمة فى تمثيلها ، يحين وقت التساؤل عن كيفية استخدامها فى تصريف الأمور . وهنا يتقدم للاجابة على هذا التساؤل المنطق الجديد « **المنطق الغائم** » Fuzzy Logic الذى يهدف الى « **نمذجة** » وصياغة أساليب « **الاستدلال غير الدقيق** » Imprecise reasoning التى غالبا ما يستخدمها الانسان فى حياته اليومية فتمكنه من التصرف الكفء والفعال والحكيم فى بيئته المفعمة بالأحداث المبهمة والظواهر المشوشة . ويكمن السر فى نجاح الانسان الملحوظ وقدرته الفائقة على استنتاج اجابات تقريبية وايجاد حلول غير مثالية ، ولكنها فعالة لما قد يطرح عليه من أسئلة أو يواجهه من مواقف طارئة ، وذلك انطلاقا من معارفه وخبراته السابقة التى غالبا ما تكون ، هى الأخرى ، غير دقيقة وغير مكتملة . فعلى سبيل المثال لا يلقى الانسان مشقة فى الاجابة على أسئلة من قبيل :

● اذا كان الانتقال بالسيارة من شبرا الى العباسية يتطلب (فى **العادة**) (**حوالى**) نصف ساعة ، ومن العباسية الى مدينة نصر ثلث ساعة (**تقريبا**) ، فكم من الوقت اذن يستغرقه الانتقال من شبرا الى مدينة نصر عبر العباسية ؟

● اذا كان (**اغلب**) قاطنى حى جاردن سيتى من (**مرتفعى**) الدخل ، وكان على من قاطنى هذا الحى . فما هو تقديرك لمستوى دخل على ؟

● تستهوى ذوات الشعر الأصفر والعيون الملونـــة (**معظم**) الرجال المصريين ، وشيرين تتمتع بهاتين الميزتين ، أتراهـــا ستلفت انتباه على ؟

وذلك على الرغم من احتوائها على كلـــمات مثل ((**فى العـــادة**)) و ((**تقريبا**)) و ((**اغلب**)) و ((**مرتفع**)) و ((**معظم**)) تصبغها بصبغـــة ((**اللاتحديد**)) .

ولكن ما هو المقصود من عبارة ((**المنطق الغائم**)) ؟ . . . وما الذى تنطوى عليه من معان ومضامين ؟ . يجيب البعض على هذه التساؤلات بأن « المنطق الغائم » هو منظومة منطقية تهدف الى صياغة ((**الاستدلال التقريبى** » Approximate reasoning **صياغة مقننة** Formal . وهو من هذا المنظور يعتبر سليل المنطق متعدد القيم الذى عرضنا له فى الفصـــل الأول . ولكنه ، وبالرغم من صلة الرحم هذه بالمنطق متعدد القيم ، فانه يتميز عنه باحتوائه على مفاهيم جديدة لم يتعرض لها سلفه مـــن قريب أو بعيد مثل : ((**المتغيرات**)) **اللغوية** و ((**القواعـــد الشرطيـــة الغائمة**)) . وينظر البعض الآخر للمنطق الغائم بوصفه ((**نظرية للأشياء (الأصناف) ذات الملامح المبهمة وغير المحددة**)) ، اى أن حدوده تتطابق مع حدود ((**نظرية الفئات الغائمة**)) . ويعتبر أصحاب هذه النظرة أن ((**الصياغة المقننة للاستدلال التقريبى**)) ليست الا أحد فروع نظريـــة عامة وأكثر شمولا للتعامل مع الغموض والابهام وعدم الدقة فى ادراك الانسان لواقعه وفى أساليب تعبيره المختلفـــة عن هـــذا الادراك ، أى ((**نظرية الفئات الغائمة**)) . واليوم تلقى هذه النظـــرة الأكثر شمولا للمنطق الغائم قبولا لدى المهتمين به على الصعيدين النظرى والعملى .

ويتمتع المنطق الغائم بالعديد من الصفات التى تميزه عن المنطـــق التقليدى ، سواء أكان ثنائى القيم أم متعددها ، ومن أبرز هذه الصفات الصفات التالية [٩] :

● **امكانية التعبير عن تدرج درجة مصداقية القضايا (اى الاتصال مقابل التقطع)** .

تقتصر قيم صدق أية ((**قضية**)) proposition من القضايا المنطقية من منظور المنطق التقليدى ثنائى القيم على قيمتين فقط هما ((**صادق (ص)**)) و ((**كاذب (ك)**)) ، تشكلان سويا عناصر فئة قيم مصـــداقية (أحكام) هذا المنطق ، أى أن :

$$T_2 = \{ 0.\ 1 \}$$

بينما تتعدد قيم صدقها فى النظم المنطقية متعددة القيم طبقا لرتبتها. ففئة أحكام المنطق ((**ثلاثى القيم**)) هى :

$$T_3 = \{ 0,\ 1/2,\ 1 \}$$

وبالنسبة للمنطق ((**رباعى القيم**)) هى عناصر الفئة المحددة التالية :

$$T_4 = \{ 0.\ 1/3, 2/3,\ 1 \}$$

أما بالنسبة للمنطق ((**خماسى القيم**)) فهى عناصر الفئة المحددة :

$$T_5 = \{ 0,\ 1/4,\ 1/2,\ 3/4,\ 1 \}$$

وهكذا بالنسبة للنظم المنطقية الأعلى رتبة .

وبالرغم من تزايد عدد قيم مصداقية (أحكام) المنطق التقليـــدى بارتفاع رتبته ، الا أنها تبقى قيما متقطعة تقفز من قيمة الى التى تليهـــا متجاوزة ما قد يكون بينهما من قيم . وعلى عكس هذا ، فان المنطـــق الغائم يسمح بتدرج هذه القيم وبالتعبير عنها لغويا . فعلى سبيل المثال اذا نظرنا للجملة الخبرية (القضية proposition) التالية :

عمرو صغير

لوجدنا أن المنطق التقليدى ثنائى القيم يعبر عن مصداقيتها كما يلى :

(**عمرو صغير**) قضية (**صادقة**)

[أى أن قيمة صدقها 1 ، عاكسة بذلك صواب العبارة المطلق] .

(**عمرو صغير**) قضية (**كاذبة**)

[أى أن قيمة صدقها O ، عاكسة بذلك خطأ العبارة المطلق] .

بينما يعبر المنطق الغائم عن مصداقيتها بالطرق التالية :

(عمرو صغير) قضية **(صادقة)**

(عمرو صغير) قضية **(صادقة بالكاد)**

(عمرو صغير) قضية **(صادقة الى حد ما)**

(عمرو صغير) قضية **(صادقة ...)**

....

....

(عمرو صغير) قضية **(كاذبة)**

(عمرو صغير) قضية **(كاذبة جدا)**

(عمرو صغير) قضية **(كاذبة ...)**

اى أن المنطق الغائم يوفر لمستخدمه عدداً غير محدود ومتدرجة لصداقية اية قضية مطروحة .

- **امكانية التعامل مع محمولات غائمة**

يمكن كتابة القضية (الجملة الخبرية)

عمرو صغير

على الهيئة التالية (الهيئة الحملية) :

صغير (عمرو)

وهى الهيئة التى تفصل بين ((**موضوع**)) Object القضية ، وهو فى حالتنا هذه ((**عمرو**)) ، أى الكيان الذى يحكم له بثبوت شىء ، وبين « **محمولها** » ، وهو فى حالتنا هذه « **صغير** » ، أى ما يحكم بثبوته لموضوع القضية أو صفته . وتتيح لنا هذه الهيئة ، الهيئة الحملية ، التركيز على محمول القضية بغض النظر عن موضوعها ، اذ يمكن كتابة هذه القضية على الصورة العامة التالية :

صغير (س)

حيث ترمز **س** الى موضوع نرغب فى وصفه بالصغر . وصفة الصغر هذه وغيرها ، أى محمولَ القضية ، يمكن تمثيلها كفئة غائمة من الفئات الغائمة التى تكون الفئة الكونية لعمر الانسان .

● **تنوع وتعدد المقيدات (المكممات)**

يستخدم المنطق التقليدى كلمتى ((**كل**)) و ((**بعض**)) للتعبير عن مدى تمتع أفراد موضوع قضية ما بالخاصية التى يعبر عنها محمولها . فعلى سبيل المثال ، اذا تأملنا الجملة الخبرية التالية :

كل انسان فان

أو صورتها الحملية

[**كل**] **فان** (**انسان**)

لوجدنا أنها تعبر عن انطباق صفة « الفناء » على كل بنى البشر . وبالطبع فاننا نستشف هذه العمومية من وجود كلمة « **كل** » . أما اذا نظرنا للجملة الخبرية التالية :

بعض الحيوانات اليفــــة

أو صورتها الحملية

[**بعض**] **اليف** (**حيوان**)

لتبينا من وجود كلمة ((**بعض**)) أن صفة الألفة هذه لا تنطبق الا على بعض الحيوانات فقط وليس كلها .

وتعرف هاتان الكلمتان ، ((**كل**)) **و** ((**بعض**)) ، فى لغة المناطقة بالـ ((**مقيدات**)) أو بالـ ((**مكممات**)) **Quantifiers** ولا يتيح المنطق التقليدى، أيا كانت رتبته ، سوى هذين المقيدين . وعلى العكس من هذا يوفر المنطق الغائم ، بالاضافة اليهما ، تشكيلة من المقيــدات التى تمــكن الانسان من وصف معطيات واقعه المتنوعة بشكل أكثر واقعية مــن قبيل : ((**أغلب**)) ، ((**حوالى**)) ، ((**معظم**)) ، ((**العديد**)) ، ((**فى العادة**))، ((**دوما**)) ، ((**احيانا**)) ، ....

● **القدرة على تمثيل ((معدلات المحمول))**

عند سؤال أفراد جماعة ما عن رأيهم فى جمال فتاة ما ، ولنمنحها اسم سارة ، فان اجاباتهم قد تأخذ الصور التالية :

سارة جميلة

سارة جميلة (**جدا**)

سارة جميلة (**الى حد ما**)

سارة جميلة (**للغاية**)

سارة جميلة (**قليلا**)

سارة (**ليست**) جميلة

أى أن صفة الجمال (محمول القضية) التى يحكم بثبوتها من عدمه لسارة (موضوع القضية) تتفاوت شدتها من شخص لآخر . وهو التفاوت الذى تعكسه الكلمات والعبارات التالية : ((**جدا**)) ، ((**الى حد ما**)) ، ((**للغاية**)) ، ((**قليلا**)) ، ((**ليست**)) . وهذه الكلمات وغيرها تعرف بـ ((**معدلات المحمول**))predicate-modifier .ويتميز المنطق الغائم بقدرته على التعبير عن هذه المعدلات سواء أكانت ممثلة بواسطة فئات محددة أم فئات غائمة .

● تعدد وتنوع موصفات القضايا

توصف القضايا ، من منظور المنطق التقليدى ، بادىء ذى بدء بتعيين قيمة صدق القضية المطروحة ، أى كونها صادقة أو كاذبة . وبالاضافة الى هذا التوصيف يوجد ((**التوصيف الحدوثى**)) Modal qualification لها الذى يقرر مدى امكانية حدوثها ويتم ابرازه باستخدام كلمات مثل ((**ممكن**)) و ((**ضرورى**)) ، و ((**التوصيف الاعتقادى**)) Intentional qualification الذى يحدد طبيعة اعتقاد قائلها فيها وتبرزه كلمات مثل ((**يعرف**)) و ((**يعتقد**)) . وتتضح هذه الجوانب الوصفية الثلاثة من تأمل العبارة التالية :

(**من المعروف**) أن (**الجو سيكون ممطرا**) هو أمر (**محتمل**) .

فالجملة الخبرية ((**الجو سيكون ممطرا**)) هى القضية (الجملة الخبرية) التى لها قيم صدق ، بينما تصف عبارة ((**من المعروف**)) الحالة الاعتقادية لها ، أما كلمة ((**محتمل**)) فتصف درجة حدوثها .

ويوفر المنطق الغائم ثلاثة أشكال رئيسية لتوصيف القضايا modes of qualifications ، فعلى سبيل المثال اذا اعتبرنا القضية التالية :

((**الدنيا ربيع**)) .

فان أشكال توصيفها الثلاثة ، طبقا للمنطق الغائم ، تصبح كما يلى :

● **توصيف المصداقية**

(**الدنيا ربيع**) (**ليست صحيحة تماما**)

حيث تعبر العبارة ((**ليست صحيحة تماما**)) عن قيمة صدق القضية ((**الدنيا ربيع**)) .

● **توصيف الاحتمالية** probability-qualification

(**الدنيا ربيع**) أمر (**غير محتمل**)

حيث تعبر عبارة ((**الدنيا ربيع**)) عن قدر احتمال حدوث القضية .

● **توصيف الامكانية** possibility-qualification

(**الدنيا ربيع**) أمر (**غير ممكن الى حد كبير**)

حيث تصف عبارة ((**غير ممكن الى حد كبير**)) قدر امكان حدوث القضية .

٣ ـ ٤ ـ الاستدلال بالكلمات

والآن ، وبعد أن عرضنا لمفهوم ((**المتغيرات اللغوية**)) ، هذا المفهوم الذى استحدثه لطفى زاده واستخدم فئاته الغائمة فى التعبير عنه ، لينشىء بذلك لغة رياضية جديدة تقترب أكثر من واقع الحياة ، وبعد أن قدمنا للقارىء المنطق الجديد ، ((**المنطق الغائم**)) ، هذه الآلة الذهنية المستحدثة خصيصا للتعامل مع المتغيرات اللغوية ، وعرضنا للامحه الخاصة التى تميزه عن المنطق التقليدى بمختلف رتبه ، يحين وقت التساؤل عن كيفية استخدام هذه الآلة الذهنية فى التعامل مع المتغيرات التى تصف أحداث الواقع وكياناته لنستخلص منها ما قد ينفعنا فى التعامل معها . انه اذن السؤال عن كنه وطبيعة ((**الاستنتاج الغائم**)) Fuzzy Infrerence ، هذا النوع من أنواع الاستنتاج المختلفة الذى يسعى الى محاكاة ما يستخدمه عقل الانسان من آليات لتقصى الحقائق ولاتخاذ القرارات . ويقوم ((**الاستنتاج الغائم**)) على قاعدتين :

● **قاعدة الاستلزام الغائم** Fuzzy Implication ؛

● **قاعدة التركيب للاستنتاج** Compositional Rule of Inference

وهما القاعدتان اللتان سنتعرض لهما تفصيليا قبل عرض بعض الأمثلة التطبيقية للاستنتاج الغائم مثل ((**مشاعر الخطيب الخائب**)) و ((**الطبيب الحائر**)) .

قاعدة الاستلزام القائم

يعرف النحاة الجملة الشرطية أو (الأسلوب الشرطى) بأنها كل ما اتخذ الهيئة التالية :

اداة الشرط	(جملة الشرط أو موضوعه)	رابطة الجواب	(جواب الشرط أو محموله)
(١) اذا	(مرضت)	فـ	(اذهب الى الطبيب)
(٢) من	(افشى سرنا)	فـ	(ليس منا)
(٣) ان	(خالفتنى)	فـ	(لن تنال هديتى)
(٤) اذا	(سخن الحديد)	..	(تمدد)
(٥) ان	(تعمل)	..	(تنجح)
(٦) من	(جد)	..	(وجد)
(٧) متى	(يأت الصيف)	..	(تزدحم الاسكندرية)
(٨) حيثما	(يجر النيل)	..	(تخصب الأرض)
(٩) كيفما	(تعامل الناس)	..	(يعاملوك)

وكان الأسلوب الشرطى المستخدم فى اللغات الطبيعية هو النموذج الذى استلهمه المناطقة ، بعد أن بسطوه وجردوه ، ليصوغوا على غراره احدى قواعدهم الشهيرة لاستخلاص الحقائق ، وهى صيغة **« الاستلزام »** Implicetion التى تأخذ الهيئة التالية :

IF P THEN Q

اذا P فـ Q

كما يمكن كتابتها على الصورة الرمزية التالية :

$$P \longrightarrow Q$$

حيث P جملة خبرية (قضية) تعرف بـ (المقدم) Antecedent و Q جملة خبرية أخرى (قضية) تعرف بـ **« اللازم »** Consequent ، وحيث يعبر الرمز $\Longrightarrow$ عن الصيغة (**اذا ... فـ**) . وبالطبع تنحصر قيم مصداقية كل من القضيتين P و Q ، من منظور المنطق التقليدى ، فى قيمتين فقط ، فأى منهما اما أن يكون كاذبا مائة فى المائة أو أن يكون صادقا مائة فى المائة . وهكذا تبرز مرة أخرى مسألة تدرج الخطأ والصواب التى تتبدى فى التعبيرات اللغوية ويعجز عن تمثيلها المنطق التقليدى . هذا بالاضافة الى أن صيغة الاستلزام هذه لا يمكنها تمثيل التنوع الذى يوفره الأسلوب الشرطى اللغوى (تأمل على سبيل المثال

« لازم » الجملة رقم(١) المكتوبة بصيغة الأمر ، والجملة رقم (٩) التى لا تعبر مكوناتها ، أى « مقدمها » و « لازمها » ، صراحة عن المقصود من كلمة « التعامل ») .

ولا يقتصر عجز صيغة « الاستلزام » ، فى صورتها التقليدية ، على هذا فقط بل يتعداه ليشمل قدرتها على تمثيل الواقع تمثيلا صحيحا . فالمناطقة ينظرون الى الصيغة ($P \Rightarrow Q$) بوصفها قضيــة مركبــة من القضيتين الأوليتين (الذريتين atomic) P و Q ومن ثم تتوقف قيمة صدقها ككل على قيم صدق القضايا المكونة لها وذلك طبقا للجــدول التالى :

P	Q	$P \Rightarrow Q$
T (ك)	T (ص)	T (ص)
T (ص)	F (ك)	F (ك)
T (ك)	T (ص)	T (ص)
T (ك)	T (ص)	T (ص)

أى أن القضية المركبة $P \Rightarrow Q$ صحيحة فى كافة الحالات الا فى حالة كون « اللازم » كاذباً . وهذا بدوره يقودنا الى مأزق ، فالقضية المركبة :

اذا (زقزقت العصافير فى الصباح)

فـ (سيجذب مسلسل ليالى الحلمية أنظار المشاهدين) .

فى عرف المنطق التقليدى ، قضية صحيحة تماما على الرغم من انه لا توجد اية علاقة بين زقزقة العصافير واعجاب المشاهدين بمسلسل ليالى الحلمية . وهكذا تصبح العبارة السابقة فارغة من المضمون ، ومجردة من المعنى ، وفاقدة الصلة بما يحدث فى الواقع المعاش . انه وضع شبيه بمن يقول جملة صحيحة نحوية ولكن لا معنى لها فى أذهان السامعين .

وجاء المنطق الغائم ليحتفظ بصيغة « الاستلزام » شكلا وان غيرها موضوعاً . فمن ناحية يشترط هذا المنطق وجـود علاقة واقعية بين موضوعات القضايا الداخلة فى تكوين ((جمله الشرطية)) (أو ((صيغ استلزامه)) أو ((قواعد انتاجه)) ، اى بين ((المقدمات)) و ((اللوازم)) . وعليه تصبح الجملة الشرطية السابقة غير مقبولة من منظور المنطق الغائم لانتفاء وجود أية علاقة بين زقزقة العصافير واعجاب المشاهدين بمسلسل ليالى الحلمية . هذا بالاضافة الى التعدد اللانهائى وتدرج قيم مصداقية هذه القضايا حيث انها تأخذ اية قيمة بين الصفر والواحد الصحيح . ومن ناحية أخرى ، يستخدم المنطق الغائم مفهوم المتغيرات اللغوية فى التعبير عن موضوعات القضايا المكونة لجمله الشرطية . فعلى سبيل المثال يمكن باستخدام هذا المفهوم كتابة « صيغ استلزام » (أو « جمل شرطية » أو « قواعد انتاج ») من قبيل :

[١] **اذا** (كان الجو حاراً) **فـ** (اجعل سرعة المروحـة كبيرة) .

[٢] **اذا** (كان الجو معتدلا) **فـ** (اجعل سرعة المروحة متوسطة) .

[٣] **اذا** (كانت المرأة بدينة) **فـ** (ستحتاج لسعرات حرارية قليلة) .

[٤] **اذا** (كان الرجل نحيفا) **فـ** (سيحتاج لسعرات حرارية كثيرة) .

وهنا نلاحظ أن القاعدتين الأولى والثانيـة تستخدمان المتغيرين اللغويين **(حار ، معتدل)** اللذين يمكن تمثيلهما كفئات غائمة معرفة على الفئة الكونية لكافة القيم الممكنة لدرجة حرارة الجـو ، و **(كبيرة ، متوسطة)** اللذين يمكن تمثيلهما كفئات غائمة معرفة على الفئة الكونية لكافة القيم المحتملة لسرعة دوران المروحة . وبالمثل نجد القاعـدتين الثالثة والرابعة تستخدمان المتغيرين اللغويين **(بدين ، نحيف)** المعرفين على الفئة الكونية لقيم الوزن الممكن للانسان ، و **(قليل ، كثير)** المعرفين على الفئة الكونية التى تضم كافة الأرقام التى يمكن للانسان استخدامها للتعبير عن الكبر أو الصغر . هذا ويمكن اعتبار مجمـوع الجمل الشرطية (صيغ الاستلزام ، قواعد الانتاج) التى تعبر عـن موضوع بعينه ، مثل « ارتباط سرعة المروحة بدرجة حرارة الجو » أو « توقف عدد السعرات الحرارية اللازمة للانسان على وزنه » ، بوصفها عناصر علاقة غائمة بين فئتين كونيتين (انظر القسم ٢ ـ ٣) ؛ فالقاعدتان الأولى والثانية يمكن اعتبارهما عنصرين من عناصر علاقـة غائمة بين فئتين كونيتين : الأولى هى الفئة الكونية التى تضم كافة القيم

الممكنة لدرجة حرارة الجو ، والثانية هى الفئة الكونية التى تضم كافة القيم المحتملة لسرعة دوران المروحة . وبالمثل يمكن اعتبار القاعدتين الثالثة والرابعة كعنصرين من عناصر علاقة غائمة بين فئتين كونيتين : الأولى هى الفئة الكونية لقيم الوزن الممكن للانسان ، والثانية الفئة الكونية التى تضم كافة القيم العددية التى يمكن للانسان استخدامها للتعبير عن كبر أو صغر شىء ما .

قاعدة التركيب

تعتبر « **قاعدة التركيب للاستنتاج** » ، التى صاغها لطفى زاده لتكون أداة منطقه للاستدلال بواسطة الكلمات (أو المتغيرات اللغوية)، هى الصورة الأشمل والأعم لأحدى صيغ الاستدلال الشهيرة للمنطق التقليدى والمعروفة بـ « **صورة الوضع للاستنتاج الحملى الشرطى** » modus ponens . ولفهم هذه الصورة سنفترض أنه لدينا الجملة الشرطية (أو صيغة الاستلزام) التالية :

اذا (أمطرت السماء) فـ (ستبتل ملابسك)

التى تعبر عن خبرتنا السابقة عما يحدث عند سقوط الأمطار ، وكان الوضع الحالى تتضمنه الجملة الخبرية (أو القضية) :

(السماء ممطرة)

فاننا نستنتج على الفور انطلاقا من خبرتنا السابقة كما تمثلها الجملة الشرطية ومن الوضع الحالى كما تعبر عنه الجملة الخبرية أن :

(ملابسك ستبتل)

هذا ويمكن كتابة عملية الاستدلال المنطقى هذه على « **صورة الوضع للاستنتاج الحملى الشرطى** » كما يلى :

(أمطرت السماء) ← (ستبتل ملابسك)	**[صيغة الاستلزام التى تمثل الخبرة السابقة].**
(السماء ممطرة)	**[الجملة الخبرية التى تصف الوضع الراهن] .**
. . . .	
اذن (ملابسك ستبتل)	**[النتيجة المستقاة من صيغة الاستلزام والجملة الخبرية] .**

والآن ، وبعد تعريف العلاقة الغائمة R التى تربـــط بين فئتين كونيتين U و V بوصفها مجموع صيغ الاستلزام (الجمل الشرطية ، قواعد الانتاج) الغائمة بين عناصر هاتين الفئتين والتى تمثل معرفتنا وخبرتنا حول موضوع ما ، يمكن صياغة « **قاعدة التركيب للاستنتاج الغائم** » لغويا على هيئة السؤال التالى :

كيف يمكن حساب الفئة الغائمة Y المعرفة على V والتى تنشأ نتيجة لوجود العلاقة الغائمة R بين U و V ، وذلك بمعلومية الفئة الغائمة X المعرفة على U ؟

فعلى سبيل المثال اذا علمت العلاقة الغائمة بين وزن الانسان وعدد السعرات الحرارية اللازمة له (أى مجموع الجمل الشرطية المشابهـــة للجملتين ٣ ، ٤) وعلم المتغير اللغوى (الفئة الغائمة) الذى يصف وزن شخص ما ، فانه يصبح من الممكن حساب المتغير اللغوى (الفئة الغائمة) الذى يعبر عن قدر السعرات الحرارية اللازمة له .

هذا ، ويمكن تمثيل « **قاعدة التركيب للاستنتاج الغائم** » رمزيا على الصورة التالية :

$$Y = X \circ R$$

حيث يعبر الرمز (O) عن « **تركيب** » (*) كل من الفئة الغائمة X مع العلاقة الغائمة R المعلومتين للحصول على الفئة الغائمة المجهولة Y هذا ويمكن التعبير عن هذه القاعدة بدلالة دوال انتماء كل من X و R و Y كما يلى :

$$\mu Y = \max_{X \in X} \{ \min [\mu x(x), \mu R (x, y)]$$

فعلى سبيل المثال(**) اذا مثلت دالة الانتماء لعناصر الفئة الغائمة على الهيئة التالية (متجه أو مصفوفة من ثلاثة أعمدة وصف واحد) :

$$X = [0.2 \; 1 \; 0.3]$$

ومثلت دالة الانتماء لعناصر العلاقة الغائمة R على صورة المصفوفة الثلاثية (ثلاثة أعمدة ، ثلاثة صفوف) التالية :

(★) للقارىء الملم بالرياضيات تشبه قاعدة تركيب علاقتين أو علاقة مع فئة قاعدة ضرب المصفوفات .

(★★) ليس من الضرورى تتبع عمليات حساب دوال الانتماء ، فالقصد هو اعطاء فكرة عن كيفية اجرائها .

$$R = \begin{bmatrix} 0.8 & 0.9 & 0.2 \\ 0.6 & 1 & 0.4 \\ 0.5 & 0.8 & 1 \end{bmatrix}$$

فان حساب دالة الانتماء لعناصر الفئة الغائمة Y يتم باستخدام المعادلة :

$$\mu Y(y j) = \max_{j} \{ \min[\mu(x i), \mu(r i j)]$$

ويمكن باستخدام هذه المعادلة حساب قيم دالة انتماء عناصر الفئة الغائمة المجهولة Y التى يمكن التعبير عنها كما يلى :

$$Y = [0.6 \quad 1 \quad 0.4]$$

أى أن تنفيذ « **الاستنتاج الغائم** » يتم عبر الخطوتين التاليتين :

● تحديد العلاقة الغائمة بين فئتى عالمى مقال (الفئتين الكونيتين) الموضوع قيد الدراسة ، أى حساب « **الاستلزام الغائم** » بينهما ؛

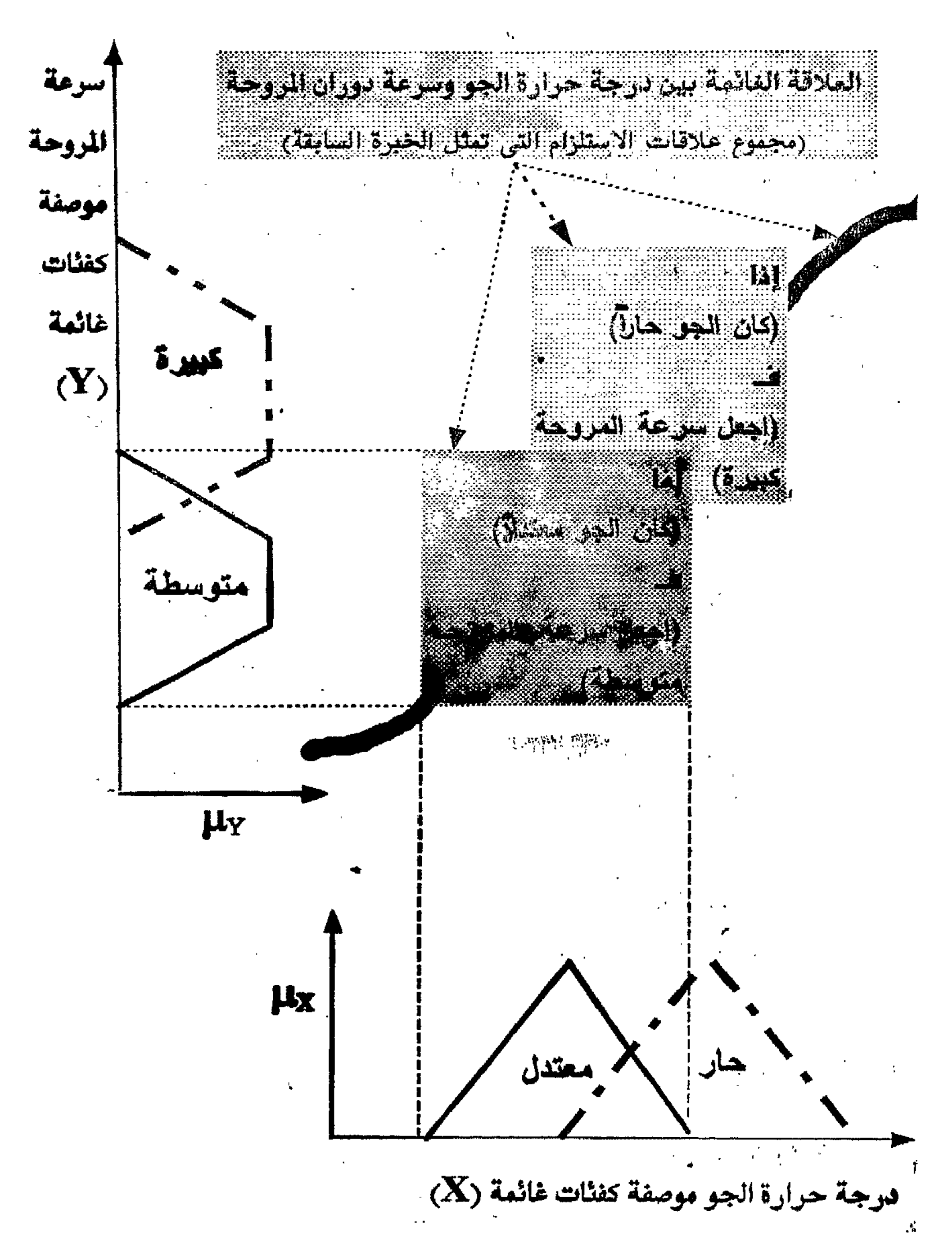
● حساب النتيجة المطلوبة باستخدام « **قاعدة التركيب** » .

أى أنه باختصار :

IF X THEN Y BY R

اذا X **اذن** Y **بمعلومية العلاقة** R

هذا ويوضح الشكل (٣—٤) مخططا لعملية الاستنتاج الغائم .



الشكل (٣ ـ ٤) : تمثيل بيانى للاستنتاج الغائم ٠

٣ ـ ٥ ـ مشاعر الخطيب الخائب

والآن ، وبعد أن استغرقتنا الرموز طويلا آن الأوان لنرى كيفية استخدام أسلوب الاستنتاج الغائم فى تقدير ما ستكون عليه مشاعر شاب تقدم لخطبة فتاة أعجبته وجاء ردها غير موات . ونقطة البداية هى تحديد فئتى عالمى المقال المتعلقتين بهذا الأمر . وأول هذه الفئات هى الفئة الكونية X التى تحتوى على كافة الردود الممكنة للفتاة المطلوب خطبتها ، اى ان :

X = { **قبول** (X_1) **رفض** (X_2) ، **طلب مهلة للتفكير** (X_3)

طلب مقابلة العائلة (X_4) ، **ضحكة ساخرة** (X_5)

دموع الفرح (X_6) }

هذا ويمكن التعبير عن استجابة الفتاة للشاب المولع بها والراغب فى خطبتها بواسطة الفئة الغائمة M المعرفة على الفئة الكونية X والتى تتكون من الردود المحتملة للفتاة وقيمة دالة انتماء كل منها . وتعبر دالة الانتماء لهذه الفئة ، $\mu M(X)$ ، عن درجة تيقن الشاب من تضمن استجابة الفتاة لرد بعينه . فعلى سبيل المثال ، يمكن تمثيل احدى الاستجابات المحتملة للفتاة بواسطة الفئة الغائمة التالية :

M = { **رفض** (x_2) $0.97/$ + **ضحكة ساخرة** (x_5) $0.8/$ }

اى أن استجابتها لطلب الشاب قد تأخذ هيئة رفض شبه قاطع (0.97) مصحوب غالبا بضحكة ساخرة (0.8) .

أما فئة عالم المقال الثانية اللازمة لوصف موضوعنا فهى الفئة الكونية Y التى تحتوى على كافة أنواع المشاعر التى قد تنتاب المتقدم لخطبة الفتاة بعد تلقيه ردها ، اى أن :

$Y = [$ سعادة (y_1) الم (y_2) ، اندهاش (y_3) ، غضب (y_4) ، صبر (y_5) ، نفاد صبر (y_6) ، تاثر (y_7) $\}$

هذا ويمكن تمثيل مشاعر الشاب حال معرفته لرد الفتاة كفئة غائمة R معرفة على الفئة الكونية Y . وتعبر دالة الانتماء لهذه الفئة $\mu R(y)$ عن مدى حدة مشاعر الشاب بعد تلقيه رد الفتاة الذى تمثله الفئة الغائمة M . وتعد الفئة الغائمة R هى الفئة التى نرغب فى تعيينها بواسطة آلية الإستنتاج الغائم .

وتبدأ أولى خطوات الاستنتاج الغائم بتحديد العلاقة الغائمة A بين الفئتين X و Y التى تعكس دالة الانتماء اليها ، $\mu A(y,x)$ مدى اتساق رد فعل الشاب (أو شعوره) y لرد الفتاة x . ويمثل الجدول التالى هذه العلاقة فى حالتنا هذه :

عناصر الفئة الكونية لردود الفتاة

عناصر الفئة الكونية لمشاعر الشباب	(X_1) قبول	(X_2) رفض	(X_3) طلب مهلة للتفكير	(X_4) طلب مقابلة العائلة	(X_5) ضحكة ساخرة	(X_6) دموع الفرح
(x1) سعادة	0.9	0	0.2	0	0	1
(y2) الم	0	0.9	0.1	0.2	1	0
(y3) اندهاش	0.1	0.9	0.2	0.9	1	0.3
(y4) غضب	0.	0.5	0	0.6	0.7	0
(y5) صبر	0.1	0	0.9	0	0	0.5
(y6) نفاد صبر	0	0.3	0.2	0.3	0.4	0
(y7) تاثر	0.9	0	0.9	0.3	0	1

فعلى سبيل المثال اذا قوبل طلب الشاب بـ « ضحكة ساخرة » من الفتاة (أى X_5)، فان شعوره لا بد وان يكون « الما » (أى Y_2)، أى أن :

$$\mu A (Y_2 و X_5) = 1$$

وبالطبع لا يمكن أن يكون « صبرا » (أى y_5) ، أى أن :

$$\mu A (y_2 , y_5) = 0$$

وبعد تحديد العلاقة الغـائمة بين الفئتين السكونيتين X و Y تستخدم « **قاعدة التركيب** » التالية :

$$R = M O A$$

أو بصورة أخرى :

$$\mu R(y) = \max_{x \in X} \min [\mu M (x), \mu_a (x, y)]$$

لحساب الفئة الغائمة التى تمثل مشاعر الشاب بعد تلقيه رد الفتاة التى تمثله الفئة الغائمة M . وتسفر الحسابات عن الفئة الغائمة التالية :

= **الم** { $0.9/(y_2)$ ، **اندهاش** $0.9/(y_3)$ ، **غضب** (y_4) 0.7 **نفاد صبر** $0.4/(y_6)$ }

أى أن مشاعر هذا الشاب هى مزيج من الألم والاندهاش الشديدين المصحوبين بغضب ، والمشوبين ببعض من نفاد الصبر ... ! .

الفصل الرابع

الأقنعة الأربعة للغموض

٤ ــ ١ ــ ادارة التعقـد

لم يكف الانسـان منذ نشأته على كوكب الأرض عن تأمل ما يـدور حوله من أحداث وما يقع أمامه من ظواهر . ولم يكتف الانسان بالتأمل بل سعى جاهدا لفهم وتفسير هذه الظواهر والأحداث حتى يتيسر لـه تطويعها لخدمته او للتعايش معها بسلام . وارتبط هذا السعى دوما بمدى قدرته على اكتساب « المعرفة » بأنواعها الثلاثة (القسم (٢ــ٣)، سواء أتعلقت هذه المعرفة بالظواهر الكونية ، أم بأحـوال الواقـع المعاش ، أم بشئون المجتمعات التي يقيمها . ولقد مرت مسيرة الانسان الطويلة فى تعامله مع المعرفة بمرحلتين اساسيتين . ففى البداية كانت **المرحلة الأولى** ، مرحلة تصدرت فيها مسألة ((**كيفية مواكبـة أحـوال الواقع المتغيرة**)) اهتمامات الانسان فعنى بأساليب استخلاص المعرفة المتعلقة بمكونات هذا الواقع الحية منها وغير الحية . وأسفرت هذه المرحلة ، فى نهاية المطاف ، عن ظهور ((**المنهج العلمى**)) كأداة ذهنيـة لتقصى أحوال الواقع ، ولانتاج المعرفة المتعلقة بها ، ولاختبارها والتأكد من صدقها وصلاحيتها . ولم يكن شغل الانسان الشـاغل فى هـذه المرحلة هو مجرد زيادة رصيده المعرفى بقدر ما كان معنيا بكيفية استخدام هذا الرصيد المتعاظم فى تحسين أحوال معيشته على كافة المستويات .

وجاءت **المرحلة الثانية** من مراحل مسيرة الانسان فى تعامله مـع المعرفة بعد ان تنامى رصيده منها الى حد غير مسبوق ، وبعد أن تطورت ادوات وآليات انتاجها الذهنية والمادية (متمثلة فى ظهور الحاسب ونظمه المختلفة على سبيل المثال) تطورا هائلا . وكان موضوع الاهتمـام الرئيسى لهذه المرحلة التى نعيشها الآن هو طبيعة « المعرفة » فى حد ذاتها . اى انه ، بعبارة اخرى ، كان متعلقا بالتعرف على خصائص المعرفة المتعلقة بالواقع التى يحوزها الانسان ، وعلى امكانية انتاجها واستخلاصها من الواقع ، وحدود هذه الامكانية . وهـكذا تصـدرت قائمة اهتمامات الانسان محاولة الاجابة على أسئلة من قبيل :

ــ ما الذى يمـكن معـرفته والذى لا يمكن معـرفته (**حدود المعرفة**) ... ؟ ،

ــ ما الذى نعرفه والذى لا نعرفه (**حدود الجهل**) ... ؟ ،

— كيف تتم عملية المعرفة (**آليات المعرفة**) ... ؟ .

واحتل سؤال « **كيف نواكب المعرفة ونقيضها (الجهل) ؟** » مكان الصدارة فى قائمة الهموم الفكرية للانسان المعاصر .

وقد ارتبطت المرحلة الثانية ارتباطا وثيقا بمـا يعـرف اليـوم بـ « **مشكلة التعقد** » بأبعادها المختلفة . هذا التعقد الذى يعتبر احد أهم السمات المميزة لواقعنا المعاصر . ولقد اسهمت عوامل عديدة فى بروز تلك المشكلة وفى تفاقمها ومن ثم فى تزايد وعى الانسان بها . ومن أهم تلك العوامل :

● تكاثر كيانات الواقع وتزايد تشابكها مما أدى الى « **انفجـار معلوماتى أو (معرفى)** » بكل ما يعنيه هذا من تعاظم غير مسبوق فى كمية البيانات والمعلومات التى يتعين على الانسان جمعها واستخلاصها وحفظها ومعالجتها وبثها ،

● وعى الانســـان المتزايد بقدر « **اللاتيقن** » Uncertainty الذى لا يمكن تفاديه فيما يستخلصه من معلومات عن أحوال الواقـــع وفيما يؤسسه على تلك المعلومات من معرفة .

ويعزى الفضل فى ارهاف حس الانسان بأهمية موضوع « **اللاتيقن** » الى كل من « **قاعدة اللاتيقن لهيزنبرج** » Heisenberg's Uncertainty Principle و « **نظرية عدم الاكتمال لجودل** » Gödel's Incompleteness Theorem . ففى نهاية الثلث الأول من القرن العشرين صاغ عالم الفيزياء الألمانى هيزنبرج قاعدته الشهيرة التى تنص على ما يلى :

« تؤدى زيادة دقة معلوماتنا عن أحد العناصر الواصفة لسلوك الجسيمات الدقيقة (مثل : كمية الحركة أو الطاقة) الى نقص دقـة معلوماتنا عن بقية العناصر الأخرى (مثل : الموقع أو الزمن) » .

وهو نقص لا يمكن التغلب عليه مهما تحسنت وتطـورت أدوات القياس والملاحظة المستخدمة ، فهو من طبائع الأشياء . فعلى سبيل المثال كلما ازدادت الدقة فى تحديد سرعة جسيم دقيق (الكترون على سبيل المثال) ، قلت الدقة فى تحديد موقعه بالضبط الى أن نفقد اثره تماما مع تحديدنا فائق الدقة لسرعته ... ! .

واذا كانت وقائع عالم الجسيمات الدقيقة المادى ادت الى اكتشاف قاعدة اللاتيقن التى تحكم سلوكها ، فان عالم الرياضيات غير الملموس كان هو الرحم الذى تكونت فيه **«نظرية عدم الاكتمال لجودل»**. ويلزم قبل التعرض لمضمون هذه النظرية شرح بعض المفاهيم الأساسية. وأول هذه المفاهيم هو مفهوم « **النظرية** » ، فالنظرية تعتبر نموذجا رمـزيا يمثل ويلخص ويكثف معرفتنا بأمر من أمور الواقع . فعلى سبيل المثال اذا كانت لدينا نظرية ما عن حركة الأجرام السماوية ، فانه يصبح بمقدورنا وصف هذه الحركات والتنبؤ بها وتوليد البيانات المتعلقة بهـا وليس مجرد رصد هذه الحركات وتسجيلها . و « **النظرية المثالية** » هى تلك النظرية التى تتمتع بالخصائص التالية :

- **قابلية الوصف المتناهى** Finitely describable ، أى أن يكون بمقدورنا كتابة كتاب ، بغض النظر عن حجمه ، يشرح كيفية استخدام النظرية فى استخلاص نتائج محددة وفى اثبات صحة هذه النتائج ،

- **الاتساق** Consistency ، اى لا يؤدى استخدام النظرية الى نتيجة معينة ونقيضها فى نفس الوقت ،

- **الاكتمال** Completeness اى انها لا بد أن تتضمن كافة الحقائق المتعلقة بموضوعها .

وانطلاقا من هذه المفاهيم اثبت عالم الرياضات جـودل نظريته الشهيرة التى تنص على ما يلى :

« لا توجد نظرية (رياضية) تستوفى شروط النظرية المثالية الثلاثة مجتمعة ، أى :

- التوصيف المتناهى
- الاتساق
- الاكتمال » .

او بعبارة اخرى :

« نظريات الانسان متناهية (محدودة العدد) ، ولكن الحقيقـة لا متناهية » .

وهكذا أصبح على الانسان ، فى مواجهته لمشكلة التعقد ، ان يتقبل « **اللاتيقن** » كحقيقة من حقائق الحياة التى لا يمكن تجنبها ، وأن يسعى للتعايش معه فى وئام ، وأن يكف عن التعامل معه كعدو تلزم تصفيته ، وأن ينظر اليه كصديق ينبغى التفاهم معه بل وحتى توظيفه لصالح الانسان .. !؟ . وليس هذا الأمر بمستغرب ، فالعقل البشرى يتحايل على تعقد أحوال الواقع بزيادة قدر اللاتيقن المسموح به وصفه لها . وهو لتحقيق ذلك يضحى بالتفاصيل وببعض المعلومات الدقيقة المتعلقة بها لينشىء وصفا « **ملخصا** » لها . وهو وصف ، وان كان مبهما بعض الشىء الا انه فعال فى تسيير الأمور . وفى الحقيقة تعتبر القدرة على التلخيص واحدة من اهم خصائص التفكير البشرى ، و « **الملخص** » ، فى نهاية المطاف ، هو بالضرورة وصف تقريبى لموضوع التلخيص .

وفى النهاية ، تقوم قدرة الانسان على مواجهة تعقد الواقع وادارته على امكانية « **الوصف الجيد** » لكل من :

— ما نعلمه من أحوال الواقع ، مخلوقا كان أم مصنوعا ، اى **المعرفة** ،

— ما لا نعلمه عن هذه الأحوال بشكل مؤكد ومحدد ، اى **اللاتيقن** .

وبقدر ما يمكننا تحقيقه من توازن بينهما ، اى بين « **قدر المعلومات المتوفرة** » و « **قدر اللاتيقن المسموح به** »، فى وصفنا للواقع ، بقدر ما يمكننا السيطرة على التعقد وادارته لصالح الانسان . ولقد احتل العنصر الأول من عناصر ادارة التعقد ، اى المعرفة ، مكان الصدارة فى اهتمامات الفلاسفة والمفكرين والعلماء والتكنوقراط فشغلوا بها وبطرق تحصيلها واستخلاصها من ظواهر الواقع وكياناته ، واهتموا بكيفية قياسها وتسجيلها وتمثيلها (القسم ٢ — ٣) . ولكنهم فى خضم انشغالهم بالعنصر الأول أهملوا العنصر الثانى ، اى اللاتيقن ، فلم يولوه ما يستحق من اهتمام .

٤ — ٢ — تجليات اللا تيقن

تزخر اللغات الطبيعية للانسان بكلمات وعبارات تصف الوضع الذى يجد الانسان نفسه فيه حائرا فى أمره لا يستطيع اتخاذ قرار بعينه، أو انجاز فعل ما ، وكلمات وعبارات أخرى تصف عجزه عن تمييز شىء ما وتبين ملامحه . فعلى سبيل المثال نجد فى اللغة العربية كلمات من قبيل :

الابهام ، والغموض ، والالتباس ، والمــواربة ، والمراوغــة ، والتضارب ، والتناقض ، والبهوت ، والتشوش ،

وعبارات من قبيل :

عدم الوضوح ، وغيبة القطع ، واللادقة ، واللاتحديد .

وهى كلمات وعبارات تعكس هى وغيرها وجها أو آخر من أوجه هذا المفهوم المراوغ الذى بات يشغل فــكر الانســان ، أى مفهــوم « **اللاتيقن** » . وازاء هذا التنوع والتعدد كان لزاما ضبط الأمور ووضع تعريفات محددة لمغزى ومعنى كلمة اللاتيقن . واليوم تتفق أغلب الآراء على أن « **اللاتيقن** » يتبدى فى صورتين متمايزتين هما « **الابهـــام** » Vagueness و « **الالتباس** » Ambiguity [١١٤٧] .

ويعرف « **الابهام** » بأنه اللاتيقن الناشىء من صعوبة وضع حدود فاصلة تميز كيانات الواقع عن بعضها البعض ، ومن ثم التعرف عليهـا وتبين ملامحها . وأمثــلة المواقف « **المبهمة** » لا تعد ولا تحصى بدءا من تلمس الطريق فى ظروف شابورة الصباح ، أو تمييز صــوت شخص بعينه وسط ضجيج السيارات ونداءات الباعة المتجــولين ، وانتهــاء بالتعرف على الرأى الصائب فى ظل تشوش الآراء . وتوضح هــذه الأمثلة وغيرها انه يمكن باستخدام « **الفئات الغائمة** » تمثيل الكيانات « **المبهمة** » ومن ثم فهى تعتبر احدى الأدوات الذهنية الرئيسية للتعامل مع « **الابهام** » .

أما الصورة الثانية من صور اللاتيقن فهى « **الالتباس** » . والالتباس هو اللاتيقن الناشىء من صعوبة المفاضلة بين ما قد يكون مطروحا أمام المرء من موضوعات محددة وذلك نتيجة لنقص أو لغيبة الشواهد (أو المعايير) اللازمة للترجيح فيما بينها ، ومن ثم حيرته أمامها وعجزه عن الانتقاء . ويوضح المثال التالى واحدا من تلك المواقف « **الملتبسة** » .

القــاضى الحــائر

تتوقف ادانة شخص ما باقتراف جريمة ما عــلى كفاية الأدلة . فان توفرت الأدلة الكافية حــكمت المحــكمة بادانته ليصبح المتهم «مذنبا» ، أى أنه يصبح منتميا للفئة المحددة التى تضم المذنبين ، أى « فئة المذنبين » . أما فى حالة عدم توفر الأدلة الكافية فان المحــكمة تدرأ الحــدود بالشــبهات وتحكم ببراءته ليصبح «بريئا» يستحق عضوية الفئة المحددة

التى تضم الآبرياء ، أى « فئة الأبرياء » وبالطبع لا تمضى الأمور بهذا الشكل البسيط ، ففى أحيان كثيرة تتوفر بعض الأدلة التى لا تكفى لادانة المتهم ، ولكنها فى الوقت نفسه لا تدفع أى تبرئته • وهكذا تجد المحكمة نفسها فى حالة « لاتيقن » ، فلا هى بالقادرة على ادانته ، ولا هى فى نفس الوقت قادرة على تبرئته • أى أنها غير قادرة على الحاقه باحدى الفئتين المحددتين : «فئة المذنبين» و «فئة الأبرياء» •

وبالطبع تتعدد المواقف « الملتبسة » تعددا شديدا وتتبدى على مختلف المستويات وفى كافة المجالات . ولا تخلو حياة الانسان من هذه المواقف ... فمن منا لم يقف حائرا أمام مفترق طرق (سواء أكانت هذه الطرق حقيقية أم مجازية) لا يدرى أيها يسلك .. ؟!

ويتضح من هذه الأمثلة وغيرها ان الموضوعات قيد المفاضلة والاختيار يمكن التعبير عنها بواسطة « **الفئات المحددة** » . ففى حالة القاضى الحائر نجد هناك فئتين محددتين : « فئة المذنبين » و « فئة الأبرياء » ، وفى حالة ما اذا كنا أمام مفترق طرق حقيقى سنجد أن هناك « فئة الطرق المتجهة شمالا » و « فئة الطرق المتجهة جنوبا » و « فئة الطرق المتجهة شمال شرق » على سبيل المثال . وتتبدى « **الغيمية** » ، فى حالة الالتباس ، فى تقديراتنا لمدى دعم الشواهد المتوفرة لدينا لواحد أو اكثر من الخيارات المطروحة أمامنا . ويمكن التعبير عن هذه التقديرات بواسطة أعداد تتراوح قيمها بين الصفر الذى يعبر عن غيبة الشواهد المرجحة لخيار ما غيبة تامة ، والواحد الصحيح الذى يعبر عن توفر هذه الشواهد بشكل تام . وتعرف هذه التقديرات بـ « **المقاييس الغائمة** » Fuzzy Measures ويمكن تمثيلها رمزيا بالدالة التالية :

$$\pi : P(X) \rightarrow [0, 1]$$

حيث :

P (X) هى الفئة التى تضم كافة فئات الخيارات المطروحة

اى أن « المقياس الغائم » π هو الدالة التى تخصص لكل خيار من الخيارات المطروحة عددا تتراوح قيمته بين الصفر والواحد .

هذا ويمكن التمييز بين ثلاثة أنواع من أنواع الالتباس هى :

● **اللاتحديد** Nonspecifity

يرتبط هذا النوع من أنواع الالتباس بـ ((**حجم**)) الفئات الممثلة للخيارات المطروحة ، فكلما زاد هذا الحجم زاد قدر الحيرة ومن ثم اللاتحديد . فعلى سبيل المثال تعتبر ((فئة الطرق المتجهة شمالا)) التى تحتوي على طريقين فقط اكثر تحديدا من تلك التى تحتوى على خمس طرق .

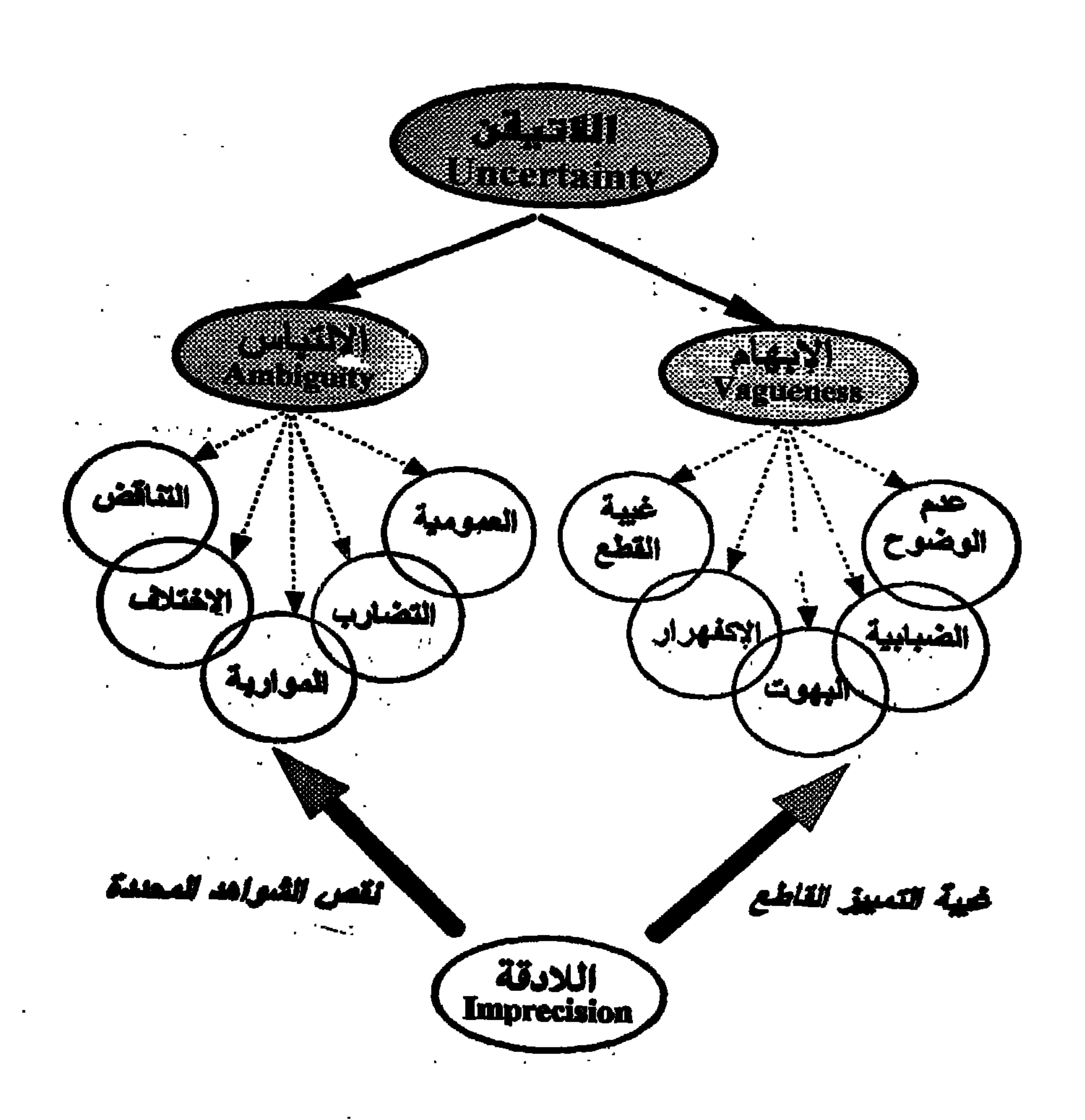
● **التضاد** Dissonance

وهو الالتباس الذى ينشأ من تساوى كفة الشواهد التى ترجح ((**خياراً ما**)) مع تلك التى ترجح ((**خياراً آخر**)) ، كأن تتساوى تلك التى ترجح الاتجاه شمالا مع تلك التى ترجح الاتجاه جنوبا ، أو تتساوى تلك المرجحة للاقتران بفتاة صغيرة السن مع تلك المرجحة للزواج بفتاة كبيرة السن .

● **التشوش** Confusion

وهو الالتباس الذى يرتبط بـ ((**عدد**)) الخيارات التى ترجحها الشواهد المتوفرة ، أى بعدد الفئات التى تحتويها الفئة (X)

ومن الجدير ذكره فى هذا المجال أن مفهوم ((**اللادقة** Imprecision يمكن النظر اليه من منظورين مختلفين . فـ ((**اللادقة**)) من منظور ((**الابهام**)) تعنى نقص البيانات أو المعلومات التى تيسر التعرف على الملامح المميزة لكيان ما ومن ثم تمييزه تمييزاً قاطعا عن غيره من الكيانات . وهى من منظور ((**الالتباس**)) تعنى نقص الشواهد التى تمكننا من تبين نوعه ومن ثم تصنيفه والحاقه على الفئة التى تضم أفراد صنفه من الكيانات .



الشكل (٤ـ١) : جغرافيا اللاتيقن ٠

المراجـــــع

(١) عبد الرحمن بدوى ، **المنطق الصــورى والرياضى** ، الطبعــة الخامسة ، وكالة المطبوعات ، الكويت ، ١٩٨١ .

2. A. Getmanova, *Logic,* Progress Publishers, Moscow, 1989.
3. B. Russel, *Vagueness,* Austrial J. Philosophy, No. 1, 1023, pp. 84-92.
4. L. A. Zadeh, *Fuzzy Sets,* Information and Control, Vol. 8, pp. 338-353.
5. T. Munakata and Y. Jani, *Fuzzy Systems : An Overview, Comm.* of the ACM, Vol., 37, No. 3, 1994, pp. 69-76.
6. L. A. Zadeh, *Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Processes,* IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics, Vol. SMC- 3, No. 1, 1973, pp. 28-44.
7. G. Klir and T. Folger, *Fuzzy Sets, Uncertainty and Information,* Prentice Hall, 1988.
8. L. A. Zadeh, *Soft Computing,* Comm. of ACM, Vol. 37, No. 3, 1994, pp. 77-84.
9. L. A. Zadeh, *Fuzzy Logic,* IEEE Computer, April 1988, pp. 83-92.
10. B. Kosko and S. Isaka, *Fuzzy Logic,* Scientific American, July 1993, pp. 62-67.
11. G. J. Klir, *Is There More To Uncertainty Than Some Probability Theorists Might Have Us Believe* ?, Int. J. General Systems, Vol. 15, pp. 247-378.

اقرأ في هذه السلسلة

برتراند رسل
أحلام الأعلام وقصص أخرى

ى· رادى تكاياوم جابوتنسكي
الالكترونيات والحياة الحديثة

الدس هكسلي
نقطة مقابل نقطة

ت· و· فريمان
الجغرافيا في مائة عام

رايموند وليامز
الثقافة والمجتمع

ج· فوربس و أ· ج· ديكستر هوز
تاريخ العلم والتكنولوجيا
٢ ج

ليسترديل راى
الأرض الغامضة

والتر آلن
الرواية الانجليزية

لويس فارجاس
المرشد الى فن المسرح

فرانسوا دوماس
آلهة مصر

د· قدرى حفنى وآخرون
الانسان المصرى على الشاشة

اولج فولكف
القاهرة مدينة ألف ليلة وليلة

هاشم النحاس
الهوية القومية في السينما

ديفيد وليام ماكدوال
مجموعات النقود · صيانتها
تصنيفها — عرضها

عزيز الشوان
الموسيقى تعبير نغمى ومنطق

د· محسن جاسم الموسوى
عصر الرواية

ديلان توماس
مجموعة مقالات نقدية

جون لويس
الانسان ذلك الكائن الفريد

جول ويست
الرواية الحديثة · الانجليزية
والفرنسية

د· عبد المعطى شعراوى
المسرح المصرى المعاصر
أصله وبدايته

انور المعداوى
على محمود طه الشاعر والانسان

بيل شول وأدبنيت
القوة النفسية للأهرام

د· صفاء خلوصى
فن الترجمة

رالف ئى ماتلو
تولستوى

فكتور برومبير
ستندال

فيكتور هوجو
رسائل وأحاديث من المنفى

فيرنر هيزنبرج
الجزء والكل « محاورات في مضمار
الفيزياء الذرية »

سدنى هوك
التراث الغامض · ماركس
والماركسيون

ف· ع· أديكوف
فن الأدب الروائى عند تولستوى

هادى نعمان الهيتى
أدب الأطفال « فلسفته ، فنونه
وسائطه »

د· نعمة رحيم العزاوى
أحمد حسن الزيات كاتبا وناقدا

د· فاضل أحمد الطائى
أعلام العرب في الكيمياء

جلال العشرى
فكرة المسرح

هنرى باربوس
الجحيم

د· السيد عليوة
صنع القرار السياسى في
منظمات الادارة العامة

جاكوب برونوفسكى
التطور الحضارى للانسان

د· روجر ستروجان
هل نستطيع تعليم الأخلاق
للأطفال ؟

كاتى ثير
تربية الدواجن

أ· سبنسر
الموتى وعالمهم في مصر
القديمة

د· ناعوم بيتروفيتش
النحل والطب

جوزيف داهموس
سبع معارك فاصلة في العصور
الوسطى

د· ليونارد تشامبرزرايت
سياسة الولايات المتحدة
الأمريكية ازاء مصر

د· جون شندلر
كيف تعيش ٣٦٥ يوما في
السنة

بيير البير
الصحافة

د· غبريال وهبة
دور الكوميديا الالهية لدانتى
في الفن التشكيلى

د· رمسيس عوض
الأدب الروسى قبل الثورة
البلشفية وبعدها

د· محمد نعمان جلال
حركة عدم الانحياز في عالم
متغير

فرانكلين ل· باومر
الفكر الأوربى الحديث ٤ ج

شوكت الربيعى
الفن التشكيلى المعاصر في
الوطن العربى

د· محى الدين أحمد حسين
التنشئة الأسرية والأبناء الصغار

ج· دادلى اندرو
نظريات الفيلم الكبرى

جوزيف كونراد
مختارات من الأدب القصصى

د· جوهان دورشنر
الحياة في الكون كيف نشأت
وأين توجد

طائفة من العلماء الأمريكيين
مبادرة الدفاع الاستراتيجى
حرب الفضاء

د· السيد عليوة
ادارة الصراعات الدولية

د· مصطفى عنانى
الميكروكمبيوتر

مجموعة من الكتاب اليابانيين القدماء
والمحدثين
مختارات من الأدب اليابانى
« الشعر — الدراما — الحكاية —
القصة القصيرة »

جابرييل باير
تاريخ ملكية الأراضي في مصر الحديثة

انطوني دي كرسيني وكينيث هينوج
اعلام الفلسفة السياسية المعاصرة

دوايت سوين
كتابة السيناريو للسينما

زافيلسكي ف. س
الزمن وقياسه (من جزء من البليون جزء من الثانية وحتى مليارات السنين)

مهندس ابراهيم القرضاوي
اجهزة تكييف الهواء

بيتر رداي
الخدمة الاجتماعية والانضباط الاجتماعي

جوزيف داهموس
سبعة مؤرخين في العصور الوسـطى

س. م. بورا
التجربة اليونانية

د. عاصم محمد رزق
مراكز الصناعة في مصر الاسلامية

رونالد د. سمبســون ونورمان د اندرسون
العلم والطلاب والمدارس

د. انور عبد الملك
الشارع المصري والفكر

والت وتيمان روستو
حوار حول التنمية الاقتصادية

فرد . س. هيس
تبسيط الكيمياء

جون لويس بوركهارت
العادات والتقاليد المصرية من الأمثـال الشعبيـة في عهد محمد على

الان كاسبيار
التذوق السينمائي

سامي عبد المعطي
التخطيط السياحي في مصر بين النظرية والتطبيق

فريد هويل وشاندرا ويكراما سينج
البذور الكونية

حسين حلمي المهندس
دراما الشاشة (بين النظرية والتطبيق) للسينمـا والتليفزيون
٢ ج

روي روبرتسون
الهيروين والايدز واثرهما في المجتمع

دور كاس ماكليتوك
صور افريقية . نظرة على حيوانات افريقيا

هاشم النحاس
نجيب محفوظ على الشاشة

د. محمود سري طه
الكومبيوتر في مجالات الحياة

بيتر لوري
المخدرات حقائق نفسية

بوريس فيدروفيتش سيرجيف
وظائف الاعضاء في الألف الياء

ويليام بينز
الهندسة الوراثية للجميع

ديفيد الدرتون
تربية اسماك الزينة

احمد محمد الشنواني
كتب غيرت الفكـر الانسـاني

جون . ر. بورر وميلتون جولدينجر
الفلسفة وقضايا العصر ٣ ج

ارنولد توينبي
الفكر التاريخي عند الاغريق

د. صالح رضـا
ملامح وقضايا في الفن التشكيلي المعاصر

م . هـ كنج وآخرون
التغـذية في البلدان النـامية

جورج جاموف
بداية بلا نهاية

د. السيد طه السيد ابو سديره
الحرف والصناعات في مصر الاسلامية منذ الفتح العربي حتى نهاية العصر الفاطمي

جاليليو جاليليه
حوار حول النظامين الرئيسيين للكون ٣ ج

اريك موريس والان هو
الارهاب

سيرل الدريد
اخناتون

ارثر كيستلر
القبيلة الثالثة عشرة ويهود اليوم

ب. كوملان
الأساطير الاغريقية والرومانية

د. توماس ا. هاريس
التوافق النفسي – تحليل المعاملات الانسانية

لجنة الترجمة ،
المجلس الأعلى للثقافة
الدليل البيليوجرافي
روائع الآداب العالمية ج ١

روي آرمز
لغة الصورة في السينما المعاصرة

ناجاي متشيو
الثورة الاصلاحية في اليابان

بول هاريسون
العالم الثالث غدا

ميكائيل البي وجيمس لفلوك
الانقراض الكبير

آدامز فيليب
دليل تنظيم المتاحف

فيكتور مورجان
تاريخ النقود

محمد كمال اسمـاعيل
التحليل والتوزيع الأوركسترالي

ابو القاسم الفردوسي
الشاهنامة ٢ ج

بيرتون بورتر
الحياة الكريمة ٢ ج

جاك كرابس جونيور
كتابة التاريخ في مصر القرن التاسع عشر

محمد فؤاد كوبريلي
قيام الدولة العثمانية

توني بار
التمثيل للسينما والتليفزيون

تاجور شين ين تج وآخرون
مختارات من الآداب الآسيوية

ناصر خسرو علوي
سفرنامة

نادين جورديمر وجريس اوجود وآخرون
سقوط المطر وقصص اخرى

احمد محمد الشنواني
كتب غيرت الفكر الانساني
٧ ج

جان لويس بوري وآخرون
في النقد السينمائي الفرنسي

العثمانيون في أوربا
بول كولز

موريس بيير برايير
صناع الخلود

زيجمونت هبنر
جماليات فن الإخراج

جوناثان ريلي سميث
الحملة الصليبية الأولى وفكرة الحروب الصليبية

ألفريد ج. بتلر
الكنائس القبطية القديمة في مصر ٢ ج

ريتشارد شاخت
رواد الفلسفة الحديثة

ترانيم زرادشت
من كتاب الأفستا المقدس

الحاج يونس المصري
رحلات فارتيما

هربرت شيللر
الاتصال والهيمنة الثقافية

برتراند راسل
السلطة والفرد

بيتر نيكولز
السينما الخيالية

ادوارد ميري
فن النقد السينمائي الأمريكي

نفتالي لويس
مصر الرومانية

ستيفن أوزمنت
التاريخ من شتى جوانبه ٣ ج

جوني براح وآخرون
السينما العربية من الخليج إلى المحيط

هانس بكار
إنهم يصنعون البشر ٢

جابر محمد الجزار
ماستريخت

ابرار كريم الله
من هم التتار

ج. س. فريزر
الكاتب الحديث وعالمه
٢ ج

موريال عبد الملك
حديث النهر
من روائع الآداب الهندية

لوريتو تود
مدخل إلى علم اللغة

اسحق عظيموف
الشموس المتفجرة
أسرار السوبر نوفا

مارجريت رور
ما بعد الحداثة

د. بيارد دودج
الأزهر في ألف عام

ستيفن رانسيمان
الحملات الصليبية

هـ. ج. ولز
معالم تاريخ الإنسانية
٤ ج

جوستاف جرونيباوم
حضارة الإسلام

د. عبد الرحمن عبد الله الشيخ
رحلة بيرتون إلى مصر والحجاز
٢ ج

جلال عبد الفتاح
الكون ذلك المجهول

ارنولد جزل وآخرون
الطفل من الخامسة إلى العاشرة
٢ ج

بادي اونيمود
افريقيا - الطريق الآخر

د. محمد زينهم
فن الزجاج

برنسلاو مالينوفسكي
السحر والعلم والدين

آدم متز
الحضارة الإسلامية

فانس بكارد
انهم يصنعون البشر

عبد الرحمن عبد الله الشيخ
يوميات رحلة فاسكو داجاما

ايفري شاتزمان
كوكبنا المتمدد

سوندرز
الفلسفة الجوهرية

مارتن فان كريفلد
حرب المستقبل

فرانسيس ج. برجين
الإعلام التطبيقي

عبده مباشر
البحرية المصرية من محمد علي للسادات

ج. كارفيل
تبسيط المفاهيم الهندسية

توماس ليبهارت
فن المايم والبانتوميم

ادوارد دوبونو
التفكير المتجدد

وليام هـ. ماثيوز
ما هي الجيولوجيا

كريستيان ساليه
السيناريو في السينما الفرنسية

بول وارن
خفايا نظام النجم الأمريكي

جورج ستاينر
بين تولستوي ودوستويفسكي
٢ ج

يانكو لافرين
الرومانتيكية والواقعية

محمود سامي عطا الله
الفيلم التسجيلي

جوزيف بتس
رحلة جوزيف بتس

ستانلي جيه سولومون
أنواع الفيلم الأمريكي

هاري ب. ناش
الحمر والبيض والسود

جوزيف م. بوجز
فن الفرجة على الأفلام

كريستيان ديروش نوبلكور
المرأة الفرعونية

جوزيف نيدهام
موجز تاريخ العلم والحضارة في الصين

ليوناردو دافنشي
نظرية التصوير

ت. ج. هـ. جيمز
كنوز الفراعنة

رودولف فون هابسبرج
رحلة الأمير رودلف إلى الشرق
٣ ج

مالكوم برادبري
الرواية اليوم

وليم مارسدن
رحلة ماركو بولو ٣ ج

هنري بيرين
تاريخ أوربا في العصور الوسطى

ديفيد شنيدر
نظرية الأدب المعاصر وقراءة الشعر

اسحق عظيموف
العلم وآفاق المستقبل

رونالد دافيد لانج
الحكمة والجنون والحماقة

كارل بوبر
بحثاً عن عالم أفضل

نورمان كلارك
الاقتصاد السياسي للعلم والتكنولوجيا

السيد نصر الدين السيد
اطلالات على الزمن الآتي

ممدوح عطية
البرنامج النووي الاسرائيلي
والأمن القومي العربي)

-. ليوبوسكاليا
الحب

ايفور ايفانس
مجمل تاريخ الأدب الانجليزي

هيربرت ريد
التربية عن طريق الفن

وليام بينز
معجم التكنولوجيا الحيوية

الفين توفلر
تحول السلطة ٢ ج

يوسف شرارة
مشكلات القرن الحادي والعشرين
والعلاقات الدولية

رولاند جاكسون
الكيمياء في خدمة الانسان

ت. ج. جيمز
الحياة أيام الفراعنة

جرج كاشمان
لماذا تنشب الحروب ٢ ج

حسام الدين زكريا
انطون بروكنر

ازرا ف. فوجل
المعجزة اليابانية

ونفرد هولمز
كانت ملكة على مصر

جيمس هنري برستد
تاريخ مصر

بول دافير
الدقائق الثلاث الأخيرة

جوزيف وهاري فيلدمان
ديناميكية الفيلم

ج. كونتنو
الحضارة الفينيقية

ارنست كاسيرر
في المعرفة التاريخية

كنت أ. كتشن
رمسيس الثاني

جان بول سارتر وآخرون
مختارات من المسرح العالمي

روزالند . وجاك يانسن
الطفل المصري القديم

نيكولاس ماير
شرلوك هولمز
ميجيل دي ليبس
الفئران

جوسيبي دي لونا
موسوليني

الويز جرايتر
موتسارت

علي عبد الرءوف البمبي
مختارات من الشعر الاسباني

روبرت سكولز وآخرون
آفاق أدب الخيال العلمي

ب. س ديفيز
المفهوم الحديث للمكان والزمان

س. هوارد
أشهر الرحلات الى غرب افريقيا

و. بارتولد
تاريخ الترك في آسيا الوسطى

فلاديمير تيمانيانو
تاريخ أوروبا الشرقية

جابرييل جاجارسيا ماركيز
الجنرال في المتاهة

هنري برجسون
الضحك

د. مصطفى محمود سليمان
الزلازل

م. و. ثرنج
ضمير المهندس

ا. ر. جرني
الحيثيون

سبتينو موسكاتي
الحضارات السامية

د. البرت حوراني
تاريخ الشعوب العربية

محمود قاسم
الأدب العربي المكتوب بالفرنسية

مطابع الهيئة المصرية العامة للكتاب

رقم الايداع بدار الكتب ١٩٩٧/٨٣٥٧

ISBN — 977 — 01 — 5367 — 2

قبل أكثر من ألفي عام، وضع الفيلسوف اليوناني أرسطو أسس المنطق التقليدي الذي سيطر بقواعده وقوانينه على الفكر الإنساني على مدار العصور التالية، رغم التغيرات الفكرية والحضارية التي أعادت تشكيل العالم.

ولكن هذا المنطق، رغم قيمته الهائلة، لم يتناسب مع العصر الحديث الذي بات بحاجة إلى منطق جديد لا ينهض على ثنائية الخطأ والصواب الصارمة التي تشكل لب المنطق الأرسطي، بل يقترب من واقع الإنسان الذي ينتفي فيه هذا المطلق ولا يخلو أمر من أموره من امتزاج الخطأ والصواب بدرجة أو بأخرى، ومن هنا جاء اسم

هذا الكتاب "الحقيقة الرمادية" ليعبر عن تعدد درجات الحقيقة بدلاً من مفهوم الأبيض والأسود أو الخطأ والصواب. ومن هنا تأتي أهمية هذا العمل الذي يعرض لذلك المنطق الثوري الحديث الذي سوف يشكل فكر الإنسان في العصر القادم وحضارته المقبلة.

تصميم الغلاف: حسنة عطية

٢٥٠ قرشاً

مطابع الهيئة المصرية العامة للكتاب